

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-163392

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl. G06F 15/177

G06F 15/16

G06F 17/00

G06F 15/80

(21)Application number : 10-340634

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 30.11.1998

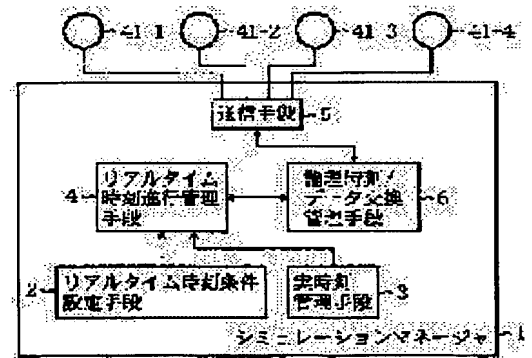
(72)Inventor : IZUMI HIDEYUKI

(54) PARALLEL DISTRIBUTED SIMULATION SYSTEM, SIMULATION MANAGER AND PARALLEL DISTRIBUTED SIMULATOR CONTROL METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a parallel distributed simulation system, simulation manager and parallel distributed simulator control method with which the simulation can be advanced at logical time synchronized with real time even in the case of executing the simulation of large scale to use plural simulation managers.

SOLUTION: A real time proceeding managing means 4 monitors the logical time of simulation due to simulators 41-1 to 41-4 and when the proceeding of logical time gets later than the proceeding of real time, instructs a logical time/data exchange managing means 6 to forcibly proceed a logical time in simulation. Then, the logical time/data exchange managing means 6 forcibly advances the logical time and synchronizes the logical time with the proceeding of real time at all the time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-163392

(P2000-163392A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
G 0 6 F 15/177	6 8 0	G 0 6 F 15/177	6 8 0 F 5 B 0 4 5
	6 7 0		6 7 0 F 5 B 0 4 9
15/16	6 2 0	15/16	6 2 0 C
17/00		15/80	
15/80		15/20	D

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願平10-340634

(22) 出願日 平成10年11月30日 (1998. 11. 30)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 和泉 秀幸

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100066474

弁理士 田澤 博昭 (外1名)

Fターム(参考) 5B045 CC09 GG09 KK04

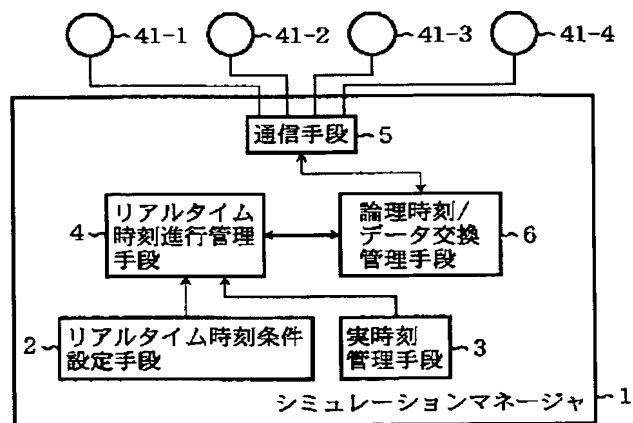
5B049 AA04 EE41

(54) 【発明の名称】 並列分散シミュレーションシステム、シミュレーションマネージャおよび並列分散シミュレータ制御方法

(57) 【要約】

【課題】 シミュレーションにおける論理時刻の進行が実時刻の進行に追いつかなくなる場合があった。

【解決手段】 リアルタイム時刻進行管理手段4は、シミュレータ41-1～41-4によるシミュレーションにおける論理時刻を監視し、論理時刻の進行が実時刻の進行より遅くなったときには、シミュレーションにおける論理時刻を強制的に進行させるように論理時刻/データ交換管理手段6に指示し、論理時刻/データ交換管理手段6は、論理時刻を強制的に進行させ、論理時刻を常に実時刻の進行に同期させる。



2: リアルタイム時刻条件設定手段 (制約条件設定手段)

4: リアルタイム時刻進行管理手段 (時刻進行管理手段)

5: 通信手段 (メッセージ送信手段)

6: 論理時刻/データ交換管理手段 (時刻進行管理手段)

41-1～41-4: シミュレータ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のシミュレータでデータ交換を行いながら所定のシミュレーションを実行する並列分散シミュレーションシステムにおいて、

実時刻を計測し、実時刻データとして出力する実時刻管理手段、前記実時刻データと、前記シミュレータによるシミュレーションの論理時刻との関係に対する制約条件を設定する制約条件設定手段、前記実時刻管理手段による実時刻データと前記論理時刻との関係が前記制約条件を満足しない場合には前記制約条件を満足する時刻に前記論理時刻を強制的に進行または遅延させた後、前記シミュレータに対して前記論理時刻の進行を指示する時刻進行管理手段、並びに、前記論理時刻の進行を指示するメッセージおよび各シミュレータからのデータ交換メッセージを他のシミュレータに送信するメッセージ送信手段を有するシミュレーションマネージャを備えることを特徴とする並列分散シミュレーションシステム。

【請求項2】 時刻進行管理手段により論理時刻が強制的に進行された場合に、強制的に進行された論理時刻以前にシミュレータへ送信すべきデータ交換メッセージに警告情報を付加する警告情報付加手段をシミュレーションマネージャに備えることを特徴とする請求項1記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項3】 実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しないシミュレータの論理時刻を強制的に進行させる代わりにそのシミュレータを他のシミュレータと同期しない非同期シミュレータとし、前記実時刻管理手段による実時刻データと前記非同期シミュレータの前記論理時刻との関係が前記制約条件を満足したときに、その非同期シミュレータを前記他のシミュレータと同期するシミュレータに復帰させるシミュレータ同期／非同期切替手段をシミュレーションマネージャに備えることを特徴とする請求項1または請求項2記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項4】 シミュレータ同期／非同期切替手段は、実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しないシミュレータを非同期シミュレータとする場合、そのシミュレータが所定のグループに属するときには、そのグループに属するすべてのシミュレータを非同期シミュレータとし、前記実時刻管理手段による実時刻データと、前記グループに属するすべてのシミュレータの前記論理時刻との関係が前記制約条件を満足したときに、前記所定のグループに属するすべてのシミュレータを、前記非同期シミュレータから他のシミュレータと同期するシミュレータに復帰させることを特徴とする請求項3記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項5】 各シミュレータは、シミュレーションマネージャを介して他のシミュレータに送信するメッセージに優先度を付加し、

前記シミュレーションマネージャは、時刻進行管理手段により論理時刻を強制的に進行した場合に、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきメッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのメッセージより上位のメッセージのみを、メッセージ送信手段により送信されるメッセージとする第1のメッセージ優先選択手段を備えることを特徴とする請求項1から請求項4のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項6】 時刻進行管理手段により論理時刻を強制的に進行した場合に、シミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージについて、データに対応して設定された優先度に基づいて各データから各データ交換メッセージの優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを、メッセージ送信手段により送信されるデータ交換メッセージとする第2のメッセージ優先選択手段を備えることを特徴とする請求項1から請求項4のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項7】 時刻進行管理手段により論理時刻を強制的に進行した場合に、シミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージについて、そのデータ交換メッセージの通信経路に対応して設定された優先度に基づいて各データ交換メッセージの通信経路から各データ交換メッセージの優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを、メッセージ送信手段により送信されるデータ交換メッセージとする第3のメッセージ優先選択手段を備えることを特徴とする請求項1から請求項4のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項8】 時刻進行管理手段により論理時刻を強制的に進行した場合に、各シミュレータによりメッセージに付加された優先度、シミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージについてデータに対応して設定された優先度に基づいて各データから導出された各データ交換メッセージの優先度、および、前記データ交換メッセージの通信経路に対応して設定された優先度に基づいて各データ交換メッセージの通信経路から導出された各データ交換メッセージの優先度のうちの少なくとも2つの優先度に基づいて統合優先度を決定する統合優先度計算手段と、

強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の前記統合優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを、メッセージ送信手段により送信されるデータ交換メッセージとするメッセージ統合優先

手段とを備えることを特徴とする請求項1から請求項4のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項9】 実時刻管理手段による実時刻データと、複数のシミュレータのうちの所定のシミュレータの論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合、その所定のシミュレータによる前記論理時刻までのシミュレーションが完了した後に、時刻進行管理手段を制御して前記論理時刻を強制的に進行させる第1の時刻進行停止手段を備えることを特徴とする請求項1から請求項8のうちの

いずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。
【請求項10】 実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、データ交換メッセージのデータが所定のものであるときには、そのデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、時刻進行管理手段を制御して前記論理時刻を強制的に進行させる第2の時刻進行停止手段を備えることを特徴とする請求項1から請求項8のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項11】 実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、データ交換メッセージの通信経路が所定の通信経路であるときには、そのデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、時刻進行管理手段を制御して前記論理時刻を強制的に進行させる第3の時刻進行停止手段を備えることを特徴とする請求項1から請求項8のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項12】 実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、前記制約条件を満足しないシミュレータが所定のシミュレータであるか否かの条件、データ交換メッセージのデータが所定のものであるか否かの条件、および、データ交換メッセージの通信経路が所定の通信経路であるか否かの条件のうちの少なくとも2つの条件が所定の条件であるときには、そのデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、時刻進行管理手段を制御して前記論理時刻を強制的に進行させる統合時刻進行停止手段を備えることを特徴とする請求項1から請求項8のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項13】 実時刻管理手段による実時刻データの値に所定の係数を乗じて実時刻データに基づく実時刻の進行を制御する実時刻進行制御手段を備えることを特徴とする請求項1から請求項12のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項14】 実時刻管理手段による実時刻データの値に所定の係数を乗じて実時刻データに基づく実時刻の進行を制御する実時刻進行制御手段と、前記実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、前記制約条件を満

足しないシミュレータが所定のシミュレータであるか否かの条件、データ交換メッセージのデータが所定のものであるか否かの条件およびデータ交換メッセージの通信経路が所定の通信経路であるか否かの条件のうちの少なくとも1つの条件、並びに前記実時刻の進行を制御する前記所定の係数に基づいて、各データ交換メッセージの送信を実行するか否かを判定する進行速度別停止判定手段と、

前記実時刻管理手段による実時刻データと前記論理時刻との関係が前記制約条件を満足しない場合に、前記進行速度別停止判定手段により送信を実行すると判定されたデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、時刻進行管理手段を制御して前記論理時刻を強制的に進行させる時刻進行停止手段とを備えることを特徴とする請求項1から請求項4のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項15】 所定の指定実時刻に所定のイベントを所定のシミュレータにおけるシミュレーションに投入するイベント投入手段を備えることを特徴とする請求項1から請求項14のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項16】 複数のシミュレーションマネージャが複数のシミュレータを分割して管理し、前記シミュレーションマネージャのうちの所定の1つのシミュレーションマネージャは、論理時刻を強制的に進行する場合に、自らの管理する前記シミュレータに前記論理時刻の強制的な進行を指示するとともに、他のシミュレーションマネージャに、それらのシミュレーションマネージャの管理するシミュレータに前記論理時刻の強制的な進行を指示させることを特徴とする請求項1から請求項15のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項17】 複数のシミュレーションマネージャが複数のシミュレータを分割して管理し、所定のシミュレーションマネージャは、論理時刻を強制的に進行する場合に実時刻データを他のシミュレーションマネージャに通知する実時刻通知手段と、他のシミュレーションマネージャにより通知された前記実時刻データに基づいて実時刻管理手段による実時刻データを修正する実時刻修正手段とを備えることを特徴とする請求項1から請求項16のうちのいずれか1項記載の並列分散シミュレーションシステム。

【請求項18】 複数のシミュレータで所定のシミュレーションを実行する並列分散シミュレーションシステムにおけるシミュレーションの時刻進行を制御するシミュレーションマネージャにおいて、実時刻を計測し、実時刻データを出力する実時刻管理手段と、前記実時刻データと、前記シミュレータによるシミュレーションの論理時刻との関係に対する制約条件を設定す

る制約条件設定手段と、

前記実時刻管理手段による実時刻データと前記論理時刻との関係が前記制約条件を満足しない場合には前記制約条件を満足する時刻に前記論理時刻を強制的に進行または遅延させた後、前記シミュレータに対して前記論理時刻の進行を指示する時刻進行管理手段と、
前記論理時刻の進行を指示するメッセージおよび各シミュレータからのデータ交換メッセージを他のシミュレータに送信するメッセージ送信手段とを備えることを特徴とするシミュレーションマネージャ。

【請求項19】 複数のシミュレータで所定のシミュレーションを実行する際の各シミュレータを制御する並列分散シミュレータ制御方法において、
実時刻を計測し、実時刻データとするステップと、
前記実時刻データと、前記シミュレータによるシミュレーションの論理時刻との関係に対する制約条件を、計測した前記実時刻データと前記論理時刻との関係が満足しない場合には前記制約条件を満足する時刻に前記論理時刻を強制的に進行または遅延させるステップと、
前記シミュレータに対して前記論理時刻の進行を指示するステップと、
前記論理時刻の進行を指示するメッセージまたは各シミュレータからのデータ交換メッセージを他のシミュレータに送信するステップとを備えることを特徴とする並列分散シミュレータ制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、複数のシミュレータでデータ交換を行いながら所定のシミュレーションを実行する並列分散シミュレーションシステム、並びに、その並列分散シミュレーションシステムを管理するシミュレーションマネージャおよび並列分散シミュレータ制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の並列分散シミュレーションシステムとしては、例えばModeling and Simulation High Level Architecture-Federate Interface Specification DRAFT1 (米国DMSO (Defense Modeling and Simulation Office)、1998年4月20日)に記載のHLA (High Level Architecture) を使用した並列分散シミュレーションシステムがある。HLAは、複数の異機種シミュレータを接続して、統合的なシミュレーションを実現するための汎用の(ソフトウェア)アーキテクチャであり、HLAにおいては、シミュレーションにおける時刻進行のシミュレータ間での同期、シミュレータ間でのデータ交換などについて規定されている。

【0003】図42はHLAに基づいて構成される並列

分散シミュレーションシステムの一例を示すブロック図である。図において、101は複数のシミュレータ121-1~121-4にネットワークなどを介して接続され、それらのシミュレータ121-1~121-4間での、シミュレーションにおける時刻進行の同期、データ交換などを、HLAに基づいて論理時刻/データ交換管理手段6Aにより実行する従来のシミュレーションマネージャである。なお、論理時刻/データ交換管理手段6Aは、HLAのRTI (Run Time Infrastructure) の機能を備えている。121-1~121-4は1つのシミュレーションを統合的に実行する複数のシミュレータである。なお、これらのシミュレータ121-1~121-4は、それぞれ計算機で構成され、ネットワークなどに接続されるようにしてもよいし、1つの計算機に設けるようにしてもよい。

【0004】次に動作について説明する。シミュレーションマネージャ101は、各シミュレータ121-i (i=1, ..., 4)からの時刻進行の同期、データ交換などの要求に対応して各種処理を実行する。まず、時刻進行の同期を受け取った場合には、シミュレーションマネージャ101は、HLAに基づいて論理時刻/データ交換管理手段6Aにより、シミュレーションにおける時刻の整合性を保つように各シミュレータに121-iに対して時刻進行の許可を随時通知する。このとき、いずれかのシミュレータ121-iにおける処理が完了せず、シミュレーションにおける時刻の整合性を保つことができない場合には、そのシミュレータ121-iにおける処理が完了した後に、各シミュレータ121-iに対して時刻進行の許可が通知される。

【0005】一方、各シミュレータ121-iは、シミュレーションにおける所定の時間ずつ所定の処理を実行し、その処理が完了した時点で、時刻進行の許可をシミュレーションマネージャ101に要求し、シミュレーションマネージャ101から時刻進行の許可を受け取ると、次の所定の時間の処理を実行してシミュレーションにおける時刻を進行させる。

【0006】このようにして、各シミュレータ121-i間で、シミュレーションにおける時刻の整合性が保たれた状態でシミュレーションが進行していく。

【0007】以上のようにして従来の並列分散シミュレーションシステムは動作するが、並列分散シミュレーションシステムを利用してインタラクティブな情報処理システムを構築する場合に、シミュレーションにおける時刻進行を現実の時刻進行(実時間における時刻進行)に同期させるという制約条件が課されることがある。

【0008】図43は、図42の並列分散シミュレーションシステムを応用した、実時間における時刻進行に同期してシミュレーションにおける時刻を進行させる並列分散シミュレーションシステムの一例を示すブロック図である。図において、122は、実時刻を計測するタイ

10

20

30

40

50

マを内蔵し、実時刻の進行に同期して時刻進行の要求をシミュレーションマネージャ 101 に対して行うタイマシミュレータである。

【0009】次に動作について説明する。従来の並列分散シミュレーションシステムにおいて、シミュレーションマネージャ 101 は、シミュレータ 121-1~121-4 より時刻進行の要求を受け取っても時刻進行の許可を発行せずに待機し、タイマシミュレータ 122 により、実時刻の進行に同期して時刻進行の要求を受け取った時点で、シミュレータ 121-1~121-4 に時刻進行の許可を発行する。

【0010】このようにして、タイマシミュレータ 122 による実時刻の進行に同期した時刻進行要求に基づいて、シミュレータ 121-1~121-4 によるシミュレーションにおける時刻進行が実時刻の進行より速くなることなく、実時刻の進行に同期してシミュレーションが進行していく。

【0011】なお、シミュレータ間でデータ交換を行う場合も、各シミュレータ 121-i は、シミュレーションマネージャ 101 にデータ交換の要求を発行する。データ交換には時刻進行に同期するものと同期しないものとがあり、時刻進行に同期するデータ交換の場合には、データ交換を実行する時刻がデータ交換の要求に付加される。シミュレーションマネージャ 101 は、各シミュレータ 121-i により発行されたデータ交換の要求を受け取ると、その要求が時刻進行に同期するデータ交換のものである場合には指定された時刻に、そうでない場合には、その要求により指定されたシミュレータ 121-i に、そのデータを随時供給する。

【0012】なお、他のシミュレーションシステムとしては、特開平 5-101015 号公報、特開平 7-160537 号公報、特開平 9-16554 号公報などに記載のものがある。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】従来の並列分散シミュレーションシステムは以上のように構成されているので、シミュレーションにおける時刻進行を現実の時刻進行に同期させるという制約条件が課せられる場合、シミュレーションにおける時刻（論理時刻）の進行が実時刻の進行より速いときには論理時刻の進行を実時刻の進行に同期させることができるが、例えばシミュレータの負荷が一時的に大きくなり論理時刻の進行が実時刻の進行より遅くなったときに、シミュレーションにおける論理時刻の進行が実時刻の進行に追いつかなくなるなどの課題があった。

【0014】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、論理時刻の進行が実時刻の進行より遅くなったときにはシミュレーションにおける論理時刻を強制的に進行させるようにして、シミュレーションにおける論理時刻を常に実時刻の進行に同期させること

ができる並列分散シミュレーションシステム、シミュレーションマネージャおよび並列分散シミュレータ制御方法を得ることを目的とする。

【0015】また、この発明は、論理時刻を強制的に進行させる場合に優先的に実行するデータ交換などの処理を、データ交換のためのメッセージ（データ交換メッセージ）、通信経路、交換されるデータなどに応じて選択することが可能な並列分散シミュレーションシステム、シミュレーションマネージャおよび並列分散シミュレータ制御方法を得ることを目的とする。

【0016】さらに、この発明は、複数のシミュレーションマネージャにより複数のシミュレータを分割して管理する場合に論理時刻を強制的に進行させるときには、所定のシミュレーションマネージャが他のシミュレーションマネージャに強制的な論理時刻の進行を指示するようにして、複数のシミュレーションマネージャを使用するような大規模なシミュレーションを実行する際にも実時刻に同期した論理時刻でシミュレーションを進行させることができる並列分散シミュレーションシステム、シミュレーションマネージャおよび並列分散シミュレータ制御方法を得ることを目的とする。

【0017】さらに、この発明は、所定の指定実時刻に所定のイベントを所定のシミュレータにおけるシミュレーションに投入するようにして、プロトタイプ段階における実機（リアルタイムシステム）の検証を簡単に実行することができる並列分散シミュレーションシステム、シミュレーションマネージャおよび並列分散シミュレータ制御方法を得ることを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、シミュレーションマネージャに、実時刻を計測して実時刻データとして出力する実時刻管理手段、実時刻データとシミュレータによるシミュレーションの論理時刻との関係に対する制約条件を設定する制約条件設定手段、実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合には制約条件を満足する時刻に論理時刻を強制的に進行または遅延させた後、シミュレータに対して論理時刻の進行を指示する時刻進行管理手段、並びに、論理時刻の進行を指示するメッセージおよび各シミュレータからのデータ交換メッセージを他のシミュレータに送信するメッセージ送信手段を有するものである。

【0019】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、時刻進行管理手段により論理時刻が強制的に進行された場合に、強制的に進行された論理時刻以前にシミュレータへ送信すべきデータ交換メッセージに警告情報を付加する警告情報付加手段をシミュレーションマネージャに備えるものである。

【0020】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、実時刻管理手段による実時刻データと論理

時刻との関係が制約条件を満足しないシミュレータの論理時刻を強制的に進行させる代わりにそのシミュレータを他のシミュレータと同期しない非同期シミュレータとし、実時刻管理手段による実時刻データと非同期シミュレータの論理時刻との関係が制約条件を満足したときに、その非同期シミュレータを他のシミュレータと同期するシミュレータに復帰させるシミュレータ同期／非同期切替手段をシミュレーションマネージャに備えるものである。

【0021】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しないシミュレータを非同期シミュレータとする場合、そのシミュレータが所定のグループに属するときには、そのグループに属するすべてのシミュレータを非同期シミュレータとし、実時刻管理手段による実時刻データと、グループに属するすべてのシミュレータの論理時刻との関係が制約条件を満足したときに、所定のグループに属するすべてのシミュレータを、非同期シミュレータから他のシミュレータと同期するシミュレータに復帰させるものである。

【0022】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、各シミュレータからシミュレーションマネージャを介して他のシミュレータに送信するメッセージに優先度を付加し、時刻進行管理手段により論理時刻を強制的に進行した場合に、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきメッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのメッセージより上位のメッセージのみを、メッセージ送信手段により送信されるメッセージとする第1のメッセージ優先選択手段をシミュレーションマネージャに備えるものである。

【0023】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、時刻進行管理手段により論理時刻を強制的に進行した場合に、シミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージについて、データに対応して設定された優先度に基づいて各データから各データ交換メッセージの優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを、メッセージ送信手段により送信されるデータ交換メッセージとする第2のメッセージ優先選択手段を備えるものである。

【0024】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、時刻進行管理手段により論理時刻を強制的に進行した場合に、シミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージについて、そのデータ交換メッセージの通信経路に対応して設定された優先度に基づいて各データ交換メッセージの通信経路から各データ交換メッセージの優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより

上位のデータ交換メッセージのみを、メッセージ送信手段により送信されるデータ交換メッセージとする第3のメッセージ優先選択手段を備えるものである。

【0025】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、時刻進行管理手段により論理時刻を強制的に進行した場合に、各シミュレータによりメッセージに付加された優先度、シミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージのデータに対応して設定された優先度に基づいて各データから導出された各データ交換メッセージの優先度、および、データ交換メッセージの通信経路に対応して設定された優先度に基づいて各データ交換メッセージの通信経路から導出された各データ交換メッセージの優先度のうちの少なくとも2つの優先度に基づいて統合優先度を決定する統合優先度計算手段と、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の統合優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを、メッセージ送信手段により送信されるデータ交換メッセージとするメッセージ統合優先手段とを備えるものである。

【0026】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、実時刻管理手段による実時刻データと、複数のシミュレータのうちの所定のシミュレータの論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合、その所定のシミュレータによる論理時刻までのシミュレーションが完了した後に、時刻進行管理手段を制御して論理時刻を強制的に進行させる第1の時刻進行停止手段を備えるものである。

【0027】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、データ交換メッセージのデータが所定のものであるときには、そのデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、時刻進行管理手段を制御して論理時刻を強制的に進行させる第2の時刻進行停止手段を備えるものである。

【0028】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、データ交換メッセージの通信経路が所定の通信経路であるときには、そのデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、時刻進行管理手段を制御して論理時刻を強制的に進行させる第3の時刻進行停止手段を備えるものである。

【0029】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、制約条件を満足しないシミュレータが所定のシミュレータであるか否かの条件、データ交換メッセージのデータが所定のものであるか否かの条件、および、データ交換メッセージの通信経路が所定の通信経路であるか否かの条件のうちの少なくとも2つの条件が所定の条件であるときに

は、そのデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、時刻進行管理手段を制御して論理時刻を強制的に進行させる統合時刻進行停止手段を備えるものである。

【0030】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、実時刻管理手段による実時刻データの値に所定の係数を乗じて実時刻データに基づく実時刻の進行を制御する実時刻進行制御手段を備えるものである。

【0031】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、実時刻管理手段による実時刻データの値に所定の係数を乗じて実時刻データに基づく実時刻の進行を制御する実時刻進行制御手段と、実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、制約条件を満足しないシミュレータが所定のシミュレータであるか否かの条件、データ交換メッセージのデータが所定のものであるか否かの条件およびデータ交換メッセージの通信経路が所定の通信経路であるか否かの条件のうちの少なくとも1つの条件、並びに実時刻の進行を制御する所定の係数に基づいて、各データ交換メッセージの送信を実行するか否かを判定する進行速度別停止判定手段と、実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、進行速度別停止判定手段により送信を実行すると判定されたデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、時刻進行管理手段を制御して論理時刻を強制的に進行させる時刻進行停止手段とを備えるものである。

【0032】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、所定の指定実時刻に所定のイベントを所定のシミュレータにおけるシミュレーションに投入するイベント投入手段を備えるものである。

【0033】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、複数のシミュレーションマネージャが複数のシミュレータを分割して管理し、所定の1つのシミュレーションマネージャが、論理時刻を強制的に進行する場合に、自らの管理する前記シミュレータに論理時刻の強制的な進行を指示するとともに、他のシミュレーションマネージャに、それらのシミュレーションマネージャの管理するシミュレータに論理時刻の強制的な進行を指示させるものである。

【0034】この発明に係る並列分散シミュレーションシステムは、複数のシミュレーションマネージャが複数のシミュレータを分割して管理し、所定のシミュレーションマネージャが、論理時刻を強制的に進行する場合に実時刻データを他のシミュレーションマネージャに通知する実時刻通知手段と、他のシミュレーションマネージャにより通知された実時刻データに基づいて実時刻管理手段による実時刻データを修正する実時刻修正手段とを備えるものである。

【0035】この発明に係るシミュレーションマネージャは、実時刻を計測し、実時刻データを出力する実時刻管理手段と、実時刻データと、シミュレータによるシミ

ュレーションの論理時刻との関係に対する制約条件を設定する制約条件設定手段と、実時刻管理手段による実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合には制約条件を満足する時刻に論理時刻を強制的に進行または遅延させた後、シミュレータに対して論理時刻の進行を指示する時刻進行管理手段と、論理時刻の進行を指示するメッセージおよび各シミュレータからのデータ交換メッセージを他のシミュレータに送信するメッセージ送信手段とを備えるものである。

【0036】この発明に係る並列分散シミュレータ制御方法は、実時刻を計測し、実時刻データとするステップと、実時刻データと、シミュレータによるシミュレーションの論理時刻との関係に対する制約条件を、計測した実時刻データと論理時刻との関係が満足しない場合には制約条件を満足する時刻に論理時刻を強制的に進行または遅延させるステップと、シミュレータに対して論理時刻の進行を指示するステップと、論理時刻の進行を指示するメッセージまたは各シミュレータからのデータ交換メッセージを他のシミュレータに送信するステップとを備えるものである。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。図2はリアルタイム時刻条件設定手段による制約条件の一例を示す図である。

【0038】図1において、1は複数のシミュレータ41-1~41-4にネットワークなどを介して接続され、それらのシミュレータ41-1~41-4間での、シミュレーションにおける時刻進行の同期、データ交換などを実行するシミュレーションマネージャである。

【0039】シミュレーションマネージャ1において、2はシミュレーションにおける論理時刻と実時刻管理手段3による実時刻データとの関係についての制約条件の情報を出力するリアルタイム時刻条件設定手段(制約条件設定手段)である。図2においては、時刻0から100ミリ秒ずつ周期的に論理時刻を進行させる場合における、論理時刻の進行要求の間隔が95ミリ秒以下である場合に論理時刻の進行を許可しないという進行制約条件、および論理時刻の進行要求の間隔が105ミリ秒以上になった場合に論理時刻を強制的に進行させるという遅延制約条件が示されている。

【0040】3は実時刻を計測し、実時刻データとして出力する実時刻管理手段であり、4は論理時刻/データ交換管理手段6より論理時刻を受け取り、その論理時刻と、実時刻管理手段3からの実時刻データとの関係がリアルタイム時刻条件設定手段2からの制約条件を満足するか否かを判定し、その判定結果に応じて論理時刻の進行の許可や論理時刻の強制的な進行の指示を論理時刻/

データ交換管理手段6に通知するリアルタイム時刻進行管理手段(時刻進行管理手段)であり、5はシミュレータ41-1~41-4と論理時刻/データ交換管理手段6との間のメッセージの授受を実行する通信手段(メッセージ送信手段)である。

【0041】6はHLAのRTIの機能を有しており、各シミュレータ41-i(i=1,...,4)からの時刻進行の同期、データ交換などの要求に対応して各処理を実行する論理時刻/データ交換管理手段(時刻進行管理手段)である。

【0042】また、41-1~41-4は1つのシミュレーションを統合的に実行する複数のシミュレータである。シミュレータ41-1~41-4は、それぞれ計算機で構成され、ネットワークなどに接続されるようにしてもよいし、1つの計算機に設けるようにしてもよい。

【0043】次に動作について説明する。図3はリアルタイム時刻進行管理手段4により論理時刻の進行の可否を決定する処理について説明するフローチャートである。図4はリアルタイム時刻進行管理手段4により論理時刻の強制的な進行の可否を決定する処理について説明するフローチャートである。図5は論理時刻を強制的に進行させる際の処理の具体例を示す図である。図6は各シミュレータの動作について説明する図である。

【0044】まず、各シミュレータ41-iが送信時刻を指定したデータ交換メッセージ、および、実行可能な時刻進行を示す論理時刻の進行要求メッセージTAR(Time advance Request)をシミュレーションマネージャ1に発行すると、データ交換メッセージおよび論理時刻の進行要求メッセージTARは、通信手段5を介して論理時刻/データ交換管理手段6に供給される。

【0045】そして、図3のステップST1において、待機中の論理時刻/データ交換管理手段6は、各シミュレータ41-iからのデータ交換メッセージおよび論理時刻の進行要求メッセージTARを受け取り、シミュレーション全体でのデータの整合性を確保できる最も遅い論理時刻を計算し、所定の時間だけ論理時刻の進行が可能になった時点で、その進行予定の論理時刻をリアルタイム時刻進行管理手段4に供給して論理時刻の進行の許可を求める。なお、データの整合性としては、例えば送信時刻が指定された場合には、データ交換メッセージの送信の要求順序に関係なく、その指定時刻順にデータ交換メッセージを送信する必要がある。

【0046】そして、リアルタイム時刻進行管理手段4は、論理時刻の進行の許可を求められると、ステップST2においてリアルタイム時刻条件設定手段2からの制約条件を受け取り、ステップST3において実時刻管理手段3から実時刻データを受け取り、ステップST4において、供給された論理時刻とその実時刻データとの関係がリアルタイム時刻条件設定手段2からの制約条件を

満足するか否かを判定し、論理時刻の進行の可否を判定する。

【0047】このとき、制約条件が図2に示すものである場合には、論理時刻の進行要求の間隔が95ミリ秒以下である場合に論理時刻の進行を許可しないという進行制約条件に基づいて、リアルタイム時刻進行管理手段4は、前回進行時の論理時刻に95ミリ秒を加算した時刻を進行制約時刻として、実時刻が進行制約時刻より大きくなったときに論理時刻の進行を許可する。

【0048】すなわち、実時刻が進行制約時刻より大きくなるまで待機し、実時刻が進行制約時刻より大きくなったときにステップST5において、リアルタイム時刻進行管理手段4は、論理時刻の進行を許可し、論理時刻/データ交換管理手段6は、その論理時刻の進行の許可を受け取ると、時刻進行許可メッセージTAG(Time Advance Grant)を各シミュレータ41-iに対して発行する。

【0049】このようにして、論理時刻が実時刻より速く進行しないようにシミュレーションマネージャ1により制御される。

【0050】また、リアルタイム時刻進行管理手段4は、上述の処理(図3)とは非同期に、図4に示す処理を実行し、実時刻の進行に論理時刻の進行が間に合っているか否かを監視する。

【0051】まず、リアルタイム時刻進行管理手段4は、ステップST21においてリアルタイム時刻条件設定手段2による制約条件を予め受け取る。

【0052】そして、ステップST22において、リアルタイム時刻進行管理手段4は、実時刻管理手段3からの実時刻データを受け取るとともに、論理時刻/データ交換管理手段6から論理時刻を読み出す。次に、リアルタイム時刻進行管理手段4は、ステップST23において、その論理時刻と実時刻データとの関係がリアルタイム時刻条件設定手段2による制約条件を満足するか否かを判定し、ステップST24において実時刻データの値が論理時刻より大きいかな否かを判定する。

【0053】このとき、制約条件が図2に示すものである場合には、論理時刻の進行要求の間隔が105ミリ秒以上である場合に論理時刻を強制的に進行される遅延制約条件に基づいて、リアルタイム時刻進行管理手段4は、前回進行時の論理時刻に105ミリ秒を加算した時刻を遅延制約時刻として、ステップST23において、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であるかな否かを判定する。

【0054】ここで、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなるまでステップST22~ステップST24の処理を繰り返し、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなったとき(すなわち、論理時刻の進行が実時刻の進行に

間に合わないとき)に、リアルタイム時刻進行管理手段4は、ステップST25において、論理時刻を強制的に進行させるように論理時刻/データ交換管理手段6に通知する。

【0055】論理時刻/データ交換管理手段6は、その通知を受け取ると、強制的に論理時刻を進行させる強制時刻進行メッセージTAGC (Time Advance Grant with Cancel)を強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行するとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄する。

【0056】このようにして、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないときには、論理時刻を随時強制的に進行させる。

【0057】今、図5(a)に示すようにシミュレーションマネージャ1がシミュレータA, B, Cを管理する場合において、シミュレータBの処理が完了せずに時刻1から時刻10への強制的な論理時刻の進行が発生したときには、時刻1から時刻10までの間に属性(データ)iの値が実際にはシミュレータBにより更新される可能性があり、属性iの値の整合性は確保(保証)されないで、属性iの値を変更する旨の図5(b)に示すメッセージ[1], [4]は廃棄される。

【0058】一方、各シミュレータ41-iは、図6の状態遷移図に示すように動作する。すなわち、要求発行モードでは、シミュレーションの処理が実行される。そして進行要求メッセージTARが発行されると、時刻進行中モードに移る。時刻進行中モードでは、時刻進行許可メッセージTAGが受信されるまで待機し、時刻進行許可メッセージTAGが受信されると、要求発行モードに戻り、シミュレーションが進行される。そして、要求発行モードおよび時刻進行中モードにおいて、強制時刻進行メッセージTAGCが受信されると、実行中の処理が放棄され、要求発行モードに移り、そのメッセージTAGCで指定された時刻まで論理時刻が進行される。

【0059】なお、シミュレータ41-i間でデータ交換を行う場合、各シミュレータ41-iは、シミュレーションマネージャ1にデータ交換の要求を発行する。データ交換には時刻進行に同期するものと同期しないものとがあり、時刻進行に同期するデータ交換の場合には、データ交換を実行する時刻がデータ交換の要求に付加される。シミュレーションマネージャ1は、各シミュレータ41-iにより発行されたデータ交換の要求を受け取ると、その要求が時刻進行に同期するデータ交換のものである場合には指定された時刻に、そうでない場合には、その要求により指定されたシミュレータ41-iに、そのデータを随時供給する。

【0060】以上のように、この実施の形態1によれば、論理時刻の進行が実時刻の進行より速いときには論理時刻の進行を遅延させて実時刻の進行に同期させると

ともに、論理時刻の進行が実時刻の進行より遅くなったときにはシミュレーションにおける論理時刻を強制的に進行させるようにしたので、シミュレーションにおける論理時刻の進行を常に実時刻の進行に同期させることができるという効果が得られる。

【0061】なお、上述の論理時刻の進行の処理(図3)においては論理時刻の進行要求ごとに制約条件を受け取っているが、予め制約条件を1回だけ受け取っておき、それを常に使用するようにしても勿論よい。

【0062】実施の形態2. 図7は実施の形態2による並列分散シミュレーションシステムにおけるリアルタイム時刻条件設定手段による制約条件の第1の例を示す図である。図8は実施の形態2による並列分散シミュレーションシステムにおけるリアルタイム時刻条件設定手段による制約条件の第2の例を示す図である。図9は実施の形態2による並列分散シミュレーションシステムにおけるリアルタイム時刻条件設定手段による制約条件の第3の例を示す図である。

【0063】実施の形態2による並列分散シミュレーションシステムにおいては、シミュレーションマネージャ1のリアルタイム時刻条件設定手段2により提供される時刻進行についての制約条件が実施の形態1によるもの(図2)と異なる。その他の構成要素は、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0064】図7においては、制約条件の第1の例として、実施の形態1における図2に示す制約条件(IDが1のもの)に加えて、所定のイベントAの発生から5ミリ秒後に1回だけ論理時刻を進行させる制約条件(IDが2のもの)が設定されている。

【0065】図8においては、制約条件の第2の例として、実施の形態1における図2に示す制約条件(IDが1のもの)に加えて、所定のイベントAの発生から5ミリ秒周期で10回だけ論理時刻を進行させる制約条件(IDが2のもの)が設定されている。

【0066】図9においては、制約条件の第3の例として、時刻0から所定のイベントAが発生するまで100ミリ秒周期で論理時刻を進行させる制約条件(IDが1のもの)と、所定のイベントAの発生から所定のイベントBが発生するまで200ミリ秒周期で論理時刻を進行させる制約条件(IDが2のもの)と、所定のイベントBの発生から所定のイベントAが発生するまで100ミリ秒周期で論理時刻を進行させる制約条件(IDが3のもの)とが設定されている。すなわち、制約条件の第3の例では、論理時刻の進行時間が100ミリ秒、200ミリ秒、100ミリ秒の順で切り替えられる。なお、イベントA, Bの発生は、各シミュレータ41-iからシミュレーションマネージャ1の論理時刻/データ交換管理手段6を介してリアルタイム時刻進行管理手段4に通知される。そして、リアルタイム時刻進行管理手段4により上記制約条件が適用される。

【0067】以上のように、この実施の形態2によれば、実施の形態1による効果の他、論理時刻の進行単位などを詳細に設定することができ、シミュレーションの設定を詳細に行うことができるという効果が得られる。

【0068】なお、上述の制約条件は図2、図7、図8、および図9に示すものに限定されるものではなく、論理時刻の進行の実行回数（または周期的な実行）、開始トリガとしての開始時刻または開始イベント、終了トリガとしての開始時刻または開始イベントなどは必要に応じて適宜設定することができる。

【0069】実施の形態3。図10はこの発明の実施の形態3による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。この発明の実施の形態3による並列分散シミュレーションシステムは、複数の並列分散シミュレーションシステムが接続され、構成されている。このような並列分散シミュレーションシステムは、1つの並列分散シミュレーションシステムではシミュレーションが実行することが困難であるような大規模なシミュレーションの実行に使用される。

【0070】図において、1A～1Fは実施の形態1におけるシミュレーションマネージャ1と同様のシミュレーションマネージャである。ただし、シミュレーションマネージャ1Cは、リアルタイム時刻進行管理手段4の代わりに、図示せぬネットワークに接続されたネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Aを備え、シミュレーションマネージャ1A、1B、1D～1Fは、リアルタイム時刻進行管理手段4の代わりに、図示せぬネットワークに接続されたネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bを備える。また、シミュレーションマネージャ1C以外のシミュレーションマネージャ1

A、1B、1D～1Fには、実時刻管理手段3は設けられていない。

【0071】4Aはシミュレーションマネージャ1A～1Fのうちの1つのシミュレーションマネージャ1Cに設けられ、リアルタイム時刻進行管理手段4と同様に実時刻の進行の監視を行い、強制的な論理時刻の進行が発生した場合には、ネットワークを介して所定のシミュレーションマネージャ1Dに設けられたネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bに、強制的な論理時刻の進行を指示する強制時刻進行指示メッセージを発行するネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段）である。

【0072】4Bはネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Aが設けられているシミュレーションマネージャ1C以外のシミュレーションマネージャ1A、1B、1D～1Fに設けられ、上位のネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4A、4Bから強制時刻進行指示メッセージを受け取ると、下位のネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bに強制時刻進行指示メッセージを転送するとともに、シミュレーションマネ

ージャ1A、1B、1D～1Fに接続されたシミュレータ41-1～41-3についての論理時刻の強制的な進行を実行するネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段）である。

【0073】なお、ネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4A、4Bは、階層的に強制時刻進行指示メッセージの授受を実行する。図10においては、シミュレーションマネージャ1Cのネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Aが最上位に位置し、その下位にシミュレーションマネージャ1Dのネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bが位置し、さらにその下位にシミュレーションマネージャ1A、1B、1Fのネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bが位置し、シミュレーションマネージャ1Fのネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bの下位にシミュレーションマネージャ1Eのネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bが位置する。

【0074】次に動作について説明する。ネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bは、論理時刻／データ交換管理手段6から論理時刻の進行の許可を求められた場合には、その要求をネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Aへ転送する。そして、ネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Aは、その要求、またはシミュレーションマネージャ1Cの論理時刻／データ交換管理手段6からの論理時刻の進行の許可の要求に基づいて、実施の形態1のリアルタイム時刻進行管理手段4と同様に、シミュレーションマネージャ1A～1Fに接続されたすべてのシミュレータ41-1～41-3の論理時刻の進行を制御し、論理時刻の進行に関する指示のメッセージをリアルタイム時刻進行管理手段4Bに対して発行するとともに、シミュレーションマネージャ1Cの論理時刻／データ交換管理手段6へ論理時刻の進行の許可を通知する。

【0075】また、実時刻の進行に合わせた論理時刻の進行とは非同期に、論理時刻の強制的な進行の処理が実行される。図10において、シミュレーションマネージャ1Cのネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Aは、実施の形態1のリアルタイム時刻進行管理手段4と同様にして強制的に論理時刻を進行させると判断した場合、まず、シミュレーションマネージャ1Cに接続されたシミュレータ41-1～41-3のうちの強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して強制時刻進行メッセージTAGCを論理時刻／データ交換管理手段6により発行させるとともに、ネットワークを介して強制時刻進行指示メッセージを下位のネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bに発行する。

【0076】そして、シミュレーションマネージャ1Dのネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bは、ネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Aからの強制時刻進行指示メッセージを受け取ると、強制

時刻進行指示メッセージをシミュレーションマネージャ1A、1B、1Fに転送する。

【0077】シミュレーションマネージャ1A、1Bのネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bは、シミュレーションマネージャ1Dからの強制時刻進行指示メッセージを受け取ると、そのメッセージで指定された時刻に論理時刻を強制的に進行させる強制時刻進行メッセージTAGCを、シミュレーションマネージャ1A、1Bに接続されたシミュレータ41-1~41-3のうちの強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-i 10 に対してそれぞれ論理時刻/データ交換管理手段6により発行させる。

【0078】また、シミュレーションマネージャ1Fのネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bは、シミュレーションマネージャ1Dからの強制時刻進行指示メッセージを受け取ると、強制時刻進行指示メッセージをシミュレーションマネージャ1Eに転送する。シミュレーションマネージャ1Eのネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Bは、シミュレーションマネージャ1Fからの強制時刻進行指示メッセージを受け取る 20 と、そのメッセージに含まれている時刻に論理時刻を強制的に進行させる強制時刻進行メッセージTAGCを、シミュレーションマネージャ1Eに接続されたシミュレータ41-1~41-3のうちの強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対してそれぞれ論理時刻/データ交換管理手段6により発行させる。

【0079】このようにして、論理時刻を強制的に進行させる場合には、図示せぬネットワークを介して強制時刻進行指示メッセージがネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Aからすべてのネットワーク型リアル 30 タイム時刻進行管理手段4Bに伝達され、各シミュレーションマネージャ1A~1Eに接続されたすべてのシミュレータ41-1~41-3のうちの対象のシミュレータ41-iにおける論理時刻が強制的に進行される。

【0080】以上のように、この実施の形態3によれば、複数のシミュレーションマネージャにより複数のシミュレータを分割して管理する場合において論理時刻を強制的に進行させるときには、所定のシミュレーションマネージャが他のシミュレーションマネージャに強制的な論理時刻の進行を指示するようにしたので、複数のシ 40 ミュレーションマネージャを使用するような大規模なシミュレーションを実行する際にも実時刻に同期した論理時刻でシミュレーションを進行させることができるという効果が得られる。

【0081】なお、上記実施の形態3においては、6つのシミュレーションマネージャ1A~1Fが階層的に使用されているが、シミュレーションマネージャの数が6つに限定されるものではなく、さらに、シミュレーションマネージャの階層構造も上述(図10)のものに限定 50 されるものではない。また、シミュレーションマネージャ

1A~1Fの接続形態は階層構造に限らず、論理時刻の制御に必要な情報やメッセージの授受が可能であれば他の形態であってもよい。

【0082】また、すべてのシミュレーションマネージャ1A~1Fに実時刻管理手段3を設け、シミュレーションマネージャ1Cに限らず、任意のいずれか1つのシミュレーションマネージャが論理時刻の進行の制御を実行するようにしてもよい。

【0083】さらに、各シミュレーションマネージャ1A~1Fにおけるリアルタイム時刻条件設定手段2による制約条件に基づいてそれぞれ独自に強制的な論理時刻の進行の判定を行うようにしてもよい。

【0084】さらに、シミュレータ41-1~41-3が他のシミュレーションマネージャに接続されている場合には、他のシミュレーションマネージャに強制時刻進行メッセージTAGCの発行を依頼するようにしてもよい。

【0085】実施の形態4。図11はこの発明の実施の形態4による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。図において、8はリアルタイム時刻進行管理手段4より強制的に論理時刻を進行させる旨の通知を受け取ると、論理時刻/データ交換管理手段6における、その強制的な論理時刻の進行において整合性を確保できないデータ交換メッセージに、警告メッセージを付加する警告情報付加手段である。なお、論理時刻/データ交換管理手段6は、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄せずに、警告メッセージを付加されたものを送付する。図11のその他の構成要素については実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0086】次に動作について説明する。図12はリアルタイム時刻進行管理手段4により論理時刻の強制的な進行の可否を決定する処理について説明するフローチャートである。

【0087】実施の形態1と同様に図3に示す処理が実行され、論理時刻が実時刻より速く進行しないようにシミュレーションマネージャ1により制御される。その処理(図3)とは非同期に、リアルタイム時刻進行管理手段4は、図12に示す処理を実行し、実時刻と論理時刻との関係がリアルタイム時刻条件設定手段2による制約条件を満足するか否かに基づいて論理時刻を監視する。

【0088】まず、リアルタイム時刻進行管理手段4は、ステップST41においてリアルタイム時刻条件設定手段2による制約条件を予め受け取る。

【0089】そして、ステップST42において、リアルタイム時刻進行管理手段4は、実時刻管理手段3からの実時刻データを受け取るとともに、論理時刻/データ交換管理手段6から論理時刻を読み出す。次に、リアルタイム時刻進行管理手段4は、ステップST43において、その論理時刻とその実時刻データとの関係がリアル

タイム時刻条件設定手段2による制約条件を満足するか否かを判定し、ステップST44において、実時刻データの値が論理時刻より大きいかな否かを判定する。

【0090】ここで、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなるまでステップST42～ステップST44の処理を繰り返し、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなったとき（すなわち、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないとき）に、リアルタイム時刻進行管理手段4は、論理時刻を強制的に進行させるように論理時刻／データ交換管理手段6および警告情報付加手段8に通知する。

【0091】ステップST45において、警告情報付加手段8は、リアルタイム時刻進行管理手段4より強制的に論理時刻を進行させる旨の通知を受け取ると、論理時刻／データ交換管理手段6における、その強制的な論理時刻の進行において整合性を確保できないデータ交換メッセージに警告メッセージを付加する。そして、論理時刻／データ交換管理手段6は、強制的に論理時刻を進行させる強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行するとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄せずに、警告メッセージが付加された後に各シミュレータ41-iに送付する。例えば、図5の場合においては、図5(b)に示すメッセージ[1]、[4]は、警告メッセージが付加された後に各シミュレータ41-iに送付される。

【0092】このようにして、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないときには、論理時刻を随時強制的に進行させるとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージは、警告メッセージが付加された後に強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに送付される。

【0093】なお、各シミュレータ41-iは、警告メッセージ付きのデータ交換メッセージを受け取ると、そのデータ交換メッセージのデータの種別を調べ、そのデータ交換メッセージを使用した方がシミュレーションの正確さが向上する場合には、そのデータ交換メッセージにより交換されるデータを使用してシミュレーションを進行させる。例えば、シミュレーションにおいて、データ交換メッセージにより供給されるデータが連続量とされており、その値の微分値を計算しているような場合においては、警告メッセージ付きのデータ交換メッセージのデータを使用した方が、微分値が正確に計算される。

【0094】以上のように、この実施の形態4によれば、論理時刻を強制的に進行させる場合に、整合性を確保できないデータ交換メッセージを、警告メッセージを付加した後に各シミュレータ41-iに送付し、各シミュレータ41-iにより必要に応じてそのデータを使用

することができるようにしたので、強制的な論理時刻の進行によるデータの消失が減少し、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果が得られる。

【0095】実施の形態5、図13はこの発明の実施の形態5による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。この並列分散シミュレーションシステムにおいては、論理時刻を互いに同期させるシミュレータと、他のシミュレータの論理時刻と非同期に論理時刻を進行させるシミュレータとの混在が可能となるようになされている。

【0096】図において、9は所定のシミュレータ同期／非同期切替テーブルを内蔵し、論理時刻と実時刻データとの関係が制約条件を満足しない場合に、そのシミュレータ同期／非同期切替テーブルに基づいて、シミュレータの論理時刻を強制的に進行させるか、あるいはシミュレータの論理時刻を他のシミュレータの論理時刻とは非同期にさせるかを判断するシミュレータ同期／非同期切替手段である。図13のその他の構成要素については実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0097】次に動作について説明する。図14は論理時刻と実時刻データとの関係が制約条件を満足しない場合の処理について説明するフローチャートである。図15は非同期に移行したシミュレータを監視する処理について説明するフローチャートである。図16は論理時刻を互いに同期させるシミュレータのリストの一例を示す図であり、図17は各シミュレータの同期／非同期状態、状態の移行の可否などを示すシミュレータ同期／非同期切替テーブルの一例を示す図であり、図18はシミュレータの状態を非同期状態に移行させるときの処理について説明する図である。図19は論理時刻を互いに同期させるシミュレータのリストの他の例を示す図であり、図20はシミュレータ同期／非同期切替テーブルの他の例を示す図であり、図21は非同期状態のシミュレータの監視について説明する図であり、図22はシミュレータの状態を同期状態に移行させるときの処理について説明する図である。

【0098】実施の形態1と同様に図3に示す処理が実行され、論理時刻が実時刻より速く進行しないようにシミュレーションマネージャ1により制御される。その処理（図3）とは非同期に、リアルタイム時刻進行管理手段4は、図14および図15に示す処理を実行し、実時刻と論理時刻との関係がリアルタイム時刻条件設定手段2による制約条件を満足するか否かに基づいて論理時刻を監視する。

【0099】ここで、図13のシミュレータ41-1～41-4の状態は、シミュレータ41-1～41-3については互いに論理時刻を同期させる状態（すなわち、同期状態）であり、シミュレータ41-4については他

のシミュレータ41-1~41-3と論理時刻を同期させない状態（すなわち、非同期状態）である。

【0100】まず、リアルタイム時刻進行管理手段4は、ステップST61においてリアルタイム時刻条件設定手段2による制約条件を予め受け取る。

【0101】そして、ステップST62において、リアルタイム時刻進行管理手段4は、実時刻管理手段3からの実時刻データを受け取るとともに、例えば図16に示す同期リストを参照し、論理時刻/データ交換管理手段6から同期状態のシミュレータ41-1~41-3の論理時刻を読み出す。次にリアルタイム時刻進行管理手段4は、ステップST63において、その論理時刻とその実時刻データとの関係がリアルタイム時刻条件設定手段2による制約条件を満足するか否かを判定し、ステップST64において、実時刻データの値が論理時刻より大きいのか否かを判定する。

【0102】ここで、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなるまでステップST62~ステップST64の処理を繰り返し、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなったとき（すなわち、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないとき）に、リアルタイム時刻進行管理手段4は、ステップST65において、その旨を論理時刻/データ交換管理手段6およびシミュレータ同期/非同期切替手段9に通知する。

【0103】ステップST66において、シミュレータ同期/非同期切替手段9は、リアルタイム時刻進行管理手段4より、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない旨の通知を受け取ると、シミュレータ同期/非同期切替テーブルを参照する。

【0104】なお、例えば図17に示すように、シミュレータ同期/非同期切替テーブルにおいては、現在の各シミュレータ41-iの状態（同期または非同期）、同期/非同期状態の変更の可否、非同期状態において同期状態のシミュレータとのデータ交換を論理時刻に同期して実行するか否かが設定されている。

【0105】ここで、シミュレータ同期/非同期切替手段9は、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない旨の通知を受け取ると、論理時刻の進行に間に合わないシミュレータ41-iについての同期/非同期状態の変更の可否をシミュレータ同期/非同期切替テーブルで調べ、そのシミュレータ41-iの状態が変更可であると設定されていない場合には、ステップST67においてその旨をリアルタイム時刻進行管理手段4に通知する。

【0106】例えば、図13に示す状態でシミュレータ41-1とシミュレータ41-3の論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合には、図17のシミュレータ同期/非同期切替テーブルにおけるシミュレータ41-1とシミュレータ41-3についての設定が調べら

れ、シミュレータ41-3については状態が変更可であると設定されていないので、ステップST67においてその旨がリアルタイム時刻進行管理手段4に通知される。

【0107】リアルタイム時刻進行管理手段4は、その通知に応じて、実施の形態1と同様に、論理時刻を強制的に進行させるように論理時刻/データ交換管理手段6に通知し、論理時刻/データ交換管理手段6は、その通知を受け取ると、強制的に論理時刻を進行させる強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行するとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄する。

【0108】一方、そのシミュレータ41-iの状態が変更可であると設定されている場合には、シミュレータ同期/非同期切替手段9は、ステップST68において、そのシミュレータ41-iに対して非同期状態への移行を通知するとともに、その旨をリアルタイム時刻進行管理手段4に通知する。リアルタイム時刻進行管理手段4は、非同期状態に移行したシミュレータ41-iを同期リストから削除するとともに、その旨を論理時刻/データ交換管理手段6に通知する。論理時刻/データ交換管理手段6は、その旨の通知を受け取った場合には、非同期状態へ移行したシミュレータ41-iに関するメッセージを廃棄せずに送信する。

【0109】このとき、シミュレータ同期/非同期切替テーブルのうちの非同期状態において同期状態のシミュレータとのデータ交換を論理時刻に同期して実行するか否かの情報が、シミュレータ同期/非同期切替手段9よりリアルタイム時刻進行管理手段4を介して供給され、その情報に基づいて、そのメッセージを論理時刻に同期して送信するか、あるいは非同期で送信する。

【0110】例えば、図13に示す状態でシミュレータ41-1とシミュレータ41-3の論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合には、図18に示すように、その旨がシミュレータ同期/非同期切替手段9に通知され、図17のシミュレータ同期/非同期切替テーブルには、シミュレータ41-1については状態が変更可であると設定されているので、シミュレータ41-iに非同期への移行の指示が送付され、その旨がリアルタイム時刻進行管理手段4に通知される。そして、図19に示すように、図16に示す同期リストからシミュレータ41-1が削除される。なお、シミュレータ同期/非同期切替テーブルも図20に示すように変更される。このとき、図17のシミュレータ同期/非同期切替テーブルに基づいて、シミュレータ41-iから他の同期状態のシミュレータ41-iへのメッセージは、論理時刻に同期して送信される。

【0111】そして、ステップST69においてシミュレータ同期/非同期切替手段9は、図21に示すように、非同期へ移行したシミュレータ41-iの監視を開

始する。非同期へ移行したシミュレータ41-iの監視は、図15に示すようにして行う。すなわち、シミュレータ同期/非同期切替手段9は、そのシミュレータ41-iの処理が進行し、そのシミュレータ41-iが同期状態に復帰可能になったか否かを随時調べ（ステップST81）、同期状態に復帰可能になった場合、そのシミュレータ41-iに同期状態への移行を指示し（ステップST82）、その旨をリアルタイム時刻進行管理手段4に通知する。リアルタイム時刻進行管理手段4は、図16に示すように、そのシミュレータ41-iを同期リス

【0112】例えば、図17のシミュレータ同期/非同期切替テーブルに基づいて非同期に移行させたシミュレータ41-1が同期状態に復帰する場合には、図22に示すように、シミュレータ同期/非同期切替手段9は、そのシミュレータ41-1に同期状態への移行を指示するとともに、その旨をリアルタイム時刻進行管理手段4に通知する。

【0113】このようにして、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないときには、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないシミュレータ41-iについて、シミュレータ同期/非同期切替テーブルに基づいて論理時刻を強制的に進行させるか、あるいは、同期状態に復帰可能になるまで非同期状態に移行させる。

【0114】以上のように、この実施の形態5によれば、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合、シミュレータ同期/非同期切替テーブルに基づいて、論理時刻を強制的に進行させるか、あるいは、同期状態に復帰可能になるまで非同期状態にシミュレータ41-iを移行させるようにしたので、シミュレータ41-iごとに、論理時刻の強制的な進行およびシミュレーションの正確な実行のいずれかを優先するか設定することができ、シミュレーションの実時刻に同期した進行とシミュレーションの正確さを適切に設定することができるという効果が得られる。

【0115】なお、上記実施の形態5においては、同期状態にあるシミュレータを同期リストで管理しているが、リスト形式以外の形式で管理するようにしても勿論良い。

【0116】実施の形態6. 図23はこの発明の実施の形態6による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。図23において、10はシミュレータ41-iのグループごとに状態の変更可否が設定されたシミュレータ同期/非同期切替テーブルを内蔵し、論理時刻と実時刻データとの関係が制約条件を満足しない場合に、そのシミュレータ同期/非同期切替テーブルに基づいて、グループごとにシミュレータの論理時刻を強制的に進行させるか、あるいはシミュレータの論理時刻を他のシミュレータの論理時刻とは非同期にさせるかを判断するグループ化シミュレータ同期/非同期

切替手段（シミュレータ同期/非同期切替手段）である。図23のその他の構成要素については実施の形態5によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0117】図24は、図23のシミュレーションマネージャにおいて使用されるシミュレーション同期/非同期切替テーブルの一例を示す図である。図24においては、シミュレータ41-1とシミュレータ41-2、シミュレータ41-3、およびシミュレータ41-4によりそれぞれ1つのグループが構成されている。

【0118】次に動作について説明する。この実施の形態6においては、グループ化シミュレータ同期/非同期切替手段10が、リアルタイム時刻進行管理手段4より、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない旨の通知を受け取ると、シミュレータ同期/非同期切替テーブルを参照する。ここで、グループ化シミュレータ同期/非同期切替手段10は、論理時刻の進行に間に合わないシミュレータ41-iの属するグループについての同期/非同期状態の変更の可否をシミュレータ同期/非同期切替テーブルで調べ、そのグループに属するシミュレータ41-iの状態が変更可であると設定されていない場合には、その旨をリアルタイム時刻進行管理手段4に通知する。

【0119】一方、そのグループに属するシミュレータ41-iの状態が変更可であると設定されている場合には、グループ化シミュレータ同期/非同期切替手段10は、そのグループに属するシミュレータ41-iに対して非同期状態への移行を通知するとともに、その旨をリアルタイム時刻進行管理手段4に通知する。リアルタイム時刻進行管理手段4は、非同期状態に移行したシミュレータ41-iを同期リストから削除するとともに、その旨を論理時刻/データ交換管理手段6に通知する。論理時刻/データ交換管理手段6は、その旨の通知を受け取った場合には、非同期状態へ移行したシミュレータ41-iに関するメッセージを廃棄せずに送信する。このとき、シミュレータ同期/非同期切替テーブルのうちの、非同期状態において同期状態のシミュレータとのデータ交換を論理時刻に同期して実行するか否かの情報に基づいて、そのメッセージを論理時刻に同期して送信するか、あるいは非同期で送信する。

【0120】そして、グループ化シミュレータ同期/非同期切替手段10は、非同期へ移行したシミュレータ41-iをグループごとに監視する。グループ化シミュレータ同期/非同期切替手段10は、そのグループのシミュレータ41-iの処理が進行し、そのグループのシミュレータ41-iが同期状態に復帰可能になったか否かを随時調べ同期状態に復帰可能になった場合、そのグループのシミュレータ41-iに同期状態への移行を指示し、その旨をリアルタイム時刻進行管理手段4に通知する。リアルタイム時刻進行管理手段4は、そのグループのシミュレータ41-iを同期リストに復帰させる。

【0121】例えば図24に示すシミュレータ同期／非同期切替テーブルにおいては、シミュレータ41-1とシミュレータ41-2が1つのグループになっているので、シミュレータ41-1の論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合には、シミュレータ41-1とシミュレータ41-2が非同期状態に移行し、グループ化シミュレータ同期／非同期切替手段10は、シミュレータ41-1とシミュレータ41-2を監視し、シミュレータ41-1とシミュレータ41-2の両方が同期状態に復帰可能になったときに同期状態に復帰させる。なお、シミュレータ41-3、41-4は、それぞれ1つのシミュレータで1つのグループを構成している。

【0122】なお、その他の処理については実施の形態5によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0123】以上のように、この実施の形態6によれば、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合、シミュレータ同期／非同期切替テーブルに基づいて、グループごとに、論理時刻を強制的に進行させるか、あるいは、同期状態に復帰可能になるまで非同期状態にシミュレータ41-iを移行させるようにしたので、シミュレータ41-iのグループごとに、論理時刻の強制的な進行およびシミュレーションの正確な実行のいずれかを優先するか設定することができ、シミュレーションの実時刻に同期した進行とシミュレーションの正確さを適切に設定することができるという効果が得られる。

【0124】実施の形態7. 図25はこの発明の実施の形態7による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。この実施の形態7による並列分散シミュレーションシステムのシミュレータ41-1~41-4は、優先度が付加されたデータ交換メッセージをシミュレーションマネージャ1へ送信する。

【0125】図において、5Aはシミュレータ41-1~41-4と論理時刻／データ交換管理手段6との間のメッセージの授受を実行し、シミュレータ41-1~41-4からのデータ交換メッセージをメッセージ優先度順配送手段11に供給し、その他のメッセージを論理時刻／データ交換管理手段6に供給する通信手段（メッセージ送信手段）である。この実施の形態7においては論理時刻／データ交換管理手段6は論理時刻のみを管理する。

【0126】11はデータ交換メッセージに付加された優先度順にデータ交換メッセージをメッセージテーブル格納部12に保持させ、論理時刻を進行させる際にデータ交換メッセージを読み出し、通信手段5Aにより送信させるとともに、論理時刻が強制的に進行される場合に、強制的な進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのメッセージより上位のメッセージのみを、通信手段5Aにより送信させるメッセージ優先度順配送手

段（第1のメッセージ優先選択手段）である。12はデータ交換メッセージをテーブル形式で保存するメッセージテーブル格納部である。

【0127】図26はメッセージテーブルの一例を示す図である。図26のメッセージテーブルに示すように、データ交換メッセージの優先度と、送信元のシミュレータ41-iと、送信先のシミュレータ41-iと、メッセージの内容とがメッセージごとに保存される。

【0128】なお、図25のその他の構成要素については実施の形態1によるものと同様であるのでその説明を省略する。

【0129】次に動作について説明する。まず、各シミュレータ41-iが送信時刻を指定したデータ交換メッセージ、および実行可能な時刻進行を示す論理時刻の進行要求メッセージTARをシミュレーションマネージャ1に発行すると、データ交換メッセージは、通信手段5Aを介してメッセージ優先度順配送手段11に供給され、メッセージテーブル格納部12に保存される。一方、論理時刻の進行要求メッセージTARは、通信手段5Aを介して論理時刻／データ交換管理手段6に供給される。

【0130】そして、論理時刻／データ交換管理手段6は、各シミュレータ41-iからの論理時刻の進行要求メッセージTARを受け取り、シミュレーション全体でのデータの整合性を確保できる最も遅い論理時刻を計算し、所定の時間だけ論理時刻の進行が可能な状態になった時点で、その進行予定の論理時刻をリアルタイム時刻進行管理手段4に供給して論理時刻の進行の許可を求める。

【0131】リアルタイム時刻進行管理手段4は、論理時刻の進行の許可を求められると、リアルタイム時刻条件設定手段2からの制約条件を、実時刻管理手段3から実時刻データを受け取り、論理時刻／データ交換管理手段6より供給された論理時刻とその実時刻データとの関係がリアルタイム時刻条件設定手段2からの制約条件を満足するか否かを判定し、論理時刻の進行の可否を判定する。

【0132】制約条件が満足されるまで待機し、制約条件が満足されると、リアルタイム時刻進行管理手段4は、論理時刻の進行を許可するとともに、その旨をメッセージ優先度順配送手段11に通知される。そして、論理時刻／データ交換管理手段6は、その論理時刻の進行の許可を受け取ると、時刻進行許可メッセージTAGを各シミュレータ41-iに対して発行し、メッセージ優先度順配送手段11は、メッセージテーブル格納部12からその論理時刻に送信するデータ交換メッセージを読み出し、通信手段5Aにより送信させる。なお、メッセージ優先度順配送手段11により読み出されたデータ交換メッセージはメッセージテーブルから消去される。

【0133】このようにして、論理時刻が実時刻より速

く進行しないようにシミュレーションマネージャ1により制御される。

【0134】また、リアルタイム時刻進行管理手段4は、上述の処理とは非同期に、実時刻の進行に論理時刻の進行が間に合っているか否かを監視する。

【0135】リアルタイム時刻進行管理手段4は、実時刻管理手段3からの実時刻データを受け取るとともに、論理時刻／データ交換管理手段6から論理時刻を読み出す。次に、リアルタイム時刻進行管理手段4は、その論理時刻とその実時刻データとの関係がリアルタイム時刻条件設定手段2による制約条件を満足するか否かを判定し、さらに実時刻データの値が論理時刻より大きい

10 否かを判定する。

【0136】ここで、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなった場合（すなわち、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないとき）に、リアルタイム時刻進行管理手段4は、論理時刻を強制的に進行させるように論理時刻／データ交換管理手段6に通知するとともに、論理時刻の強制的な進行が発生した旨をメッセージ優先度順

20 配送手段11に通知する。

【0137】論理時刻／データ交換管理手段6は、その通知を受け取ると、強制的に論理時刻を進行させる強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行する。

【0138】一方、メッセージ優先度順配送手段11は、その旨を通知されると、強制的な進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものをメッセージテーブルにおいて検索し、そのメッセージより上位のメッセージのみを読み出し、通信手段5Aにより送信させる。なお、メッセージ優先度順配送手段11により読み出されたデータ交換メッセージはメッセージテーブルから消去される。

【0139】例えばメッセージテーブルが図26に示すものである場合に、強制的な論理時刻の進行が発生し、強制的な進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度が3であると、そのメッセージより上位の、優先度が1または2であるメッセージが読み出され、通信手段5Aにより送信される。

【0140】このようにして、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないときには、論理時刻を随時強制的に進行させ、その際に優先度の高いデータ交換メッセージについては送信が実行される。

【0141】なお、各シミュレータ41-iは、データ交換メッセージに優先度を付加する以外、実施の形態1によるものと同様に動作する。

【0142】以上のように、この実施の形態7によれば、強制的な論理時刻の進行が発生した場合にシミュレータ41-iにより指定された優先度の高いデータが優先的に送信されるようにしたので、論理時刻の進行を実

時刻の進行に同期させつつ、重要なデータの交換が優先的に実行され、シミュレーションの精度を向上させることができるという効果が得られる。

【0143】なお、上記実施の形態7においては、データ交換メッセージは、テーブル形式で保存されているが、他の形式で保存するようにしても勿論良い。

【0144】実施の形態8. 図27はこの発明の実施の形態8による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。図において、13はシミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージのデータ（属性）に対応して設定された優先度の属性優先度テーブルを内蔵し、通信手段5Aにより供給されたデータ交換メッセージをメッセージテーブル格納部12に保持させ、論理時刻を進行させる際にデータ交換メッセージを読み出して通信手段5Aにより送信させるとともに、論理時刻が強制的に進行される場合に、属性優先度テーブルに基づいて、強制的な進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージの各データの属性から各データ交換メッセージの優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを通信手段5Aにより送信させる属性優先度順配送手段（第2のメッセージ優先選択手段）である。

【0145】図28は属性優先度テーブルの一例を示す図である。図28においては、各シミュレータ41-iに保持されている属性i, j, k, lについての優先度が設定されている。

【0146】なお、図27のその他の構成要素については、実施の形態7によるものと同様であるので、その説明を省略する。ただし、この実施の形態8においては、各シミュレータ41-iはデータ交換メッセージに優先度を付加しない。

【0147】次に動作について説明する。属性優先度順配送手段13は、論理時刻の強制的な進行が発生した旨を通知されると、属性優先度テーブルに基づいて、強制的な進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージの各データの属性から各データ交換メッセージの優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを通信手段5Aにより送信させる。

【0148】その他の処理については実施の形態7によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0149】以上のように、この実施の形態8によれば、強制的な論理時刻の進行が発生した場合に予め設定された属性の優先度に基づいてメッセージの優先度を決定し、優先度の高いメッセージが優先的に送信されるようにしたので、論理時刻の進行を実時刻の進行に同期さ

せつつ、重要なデータの交換が優先的に実行され、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果が得られる。

【0150】実施の形態9. 図29はこの発明の実施の形態9による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。図において、14はシミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージの送信元および送信先（すなわち、通信経路）に対応して設定された優先度の経路優先度テーブルを内蔵し、通信手段5Aにより供給されたデータ交換メッセージをメッセージテーブル格納部12に保持させ、論理時刻を進行させる際にデータ交換メッセージを読み出して通信手段5Aにより送信させるとともに、論理時刻が強制的に進行される場合に、経路優先度テーブルに基づいて、強制的な進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージの通信経路から各データ交換メッセージの優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを通信手段5Aにより送信させるシミュレータ間優先度順配送手段（第3のメッセージ優先選択手段）である。

【0151】図30は経路優先度テーブルの一例を示す図である。経路優先度テーブルには、すべての通信経路についての優先度が設定されている。図29に示すようにシミュレータ41-1～41-4が4つである場合には、各シミュレータ41-iが送信元になり、他の3つのシミュレータ41-iが送信先になるので、合計12件（＝4×3）の通信経路についての優先度が設定されている。

【0152】なお、図29のその他の構成要素については実施の形態8によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0153】次に動作について説明する。シミュレータ間優先度順配送手段14は、論理時刻の強制的な進行が発生した旨を通知されると、経路優先度テーブルに基づいて、強制的な進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージの通信経路から各データ交換メッセージの優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを通信手段5Aにより送信させる。

【0154】なお、その他の処理については実施の形態8によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0155】以上のように、この実施の形態9によれば、強制的な論理時刻の進行が発生した場合に予め設定された通信経路の優先度に基づいてメッセージの優先度を決定し、優先度の高いメッセージが優先的に送信されるようにしたので、論理時刻の進行を実時刻の進行に同

期させつつ、重要なデータの交換が優先的に実行され、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果が得られる。

【0156】実施の形態10. 図31はこの発明の実施の形態10による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。この実施の形態10による並列分散シミュレーションシステムのシミュレータ41-1～41-4は、優先度が付加されたデータ交換メッセージをシミュレーションマネージャ1へ送信する。

【0157】図において、15は通信手段5Aより受け取ったデータ交換メッセージをメッセージ優先度決定手段16A、属性優先度決定手段16Bおよびシミュレータ間優先度決定手段16Cにそれぞれ優先度を導出させ、それらのうちの最も上位の優先度（統合優先度）とともにそのデータ交換メッセージをメッセージテーブル格納部12に保持させる統合優先度選択手段（統合優先度計算手段）である。

【0158】16Aは送信元のシミュレータ41-iにより交換メッセージに付加された優先度を抽出して統合優先度選択手段15に供給するメッセージ優先度決定手段（統合優先度計算手段）であり、16Bは図27の属性優先度順配送手段13と同様に内蔵の属性優先度テーブルに基づいて、データ交換メッセージのデータに対応する優先度を統合優先度選択手段15に供給する属性優先度決定手段（統合優先度計算手段）であり、16Cは図29のシミュレータ間優先度順配送手段14と同様に内蔵の経路優先度テーブルに基づいて、データ交換メッセージの通信経路に対応する優先度を統合優先度選択手段15に供給するシミュレータ間優先度決定手段（統合優先度計算手段）である。

【0159】17は論理時刻を進行させる際にデータ交換メッセージをメッセージテーブル格納部12より読み出し、通信手段5Aにより送信させるとともに、論理時刻が強制的に進行される場合に、強制的な進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのメッセージより上位のメッセージのみを、通信手段5Aにより送信させる統合優先度順配送手段（メッセージ統合優先手段）である。

【0160】なお、図31のその他の構成要素については実施の形態7によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0161】次に動作について説明する。統合優先度選択手段15は、データ交換メッセージを通信手段5Aより受け取ると、そのデータ交換メッセージをメッセージ優先度決定手段16A、属性優先度決定手段16Bおよびシミュレータ間優先度決定手段16Cにそれぞれ供給し、メッセージ優先度決定手段16A、属性優先度決定手段16Bおよびシミュレータ間優先度決定手段16C

よりそれぞれ決定された優先度を受け取り、それらのうちの最も上位の優先度とともにそのデータ交換メッセージをメッセージテーブル格納部12に保持させる。

【0162】一方、統合優先度順配送手段17は、論理時刻の強制的な進行が発生した旨をリアルタイム時刻進行管理手段4より通知されると、強制的な進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものをメッセージテーブル格納部12において検索し、そのメッセージより上位のメッセージのみを読み出し、通信手段5Aにより送信させる。なお、統合優先度順配送手段17により読み出されたデータ交換メッセージはメッセージテーブル格納部12から消去される。

【0163】その他の処理については実施の形態7によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0164】なお、この実施の形態10においては、3種類の優先度を使用しているが、この3種類の優先度のうちの2種類を使用してデータ交換メッセージの選択の際に実際に使用される優先度を決定するようにしてもよい。そのとき、メッセージ優先度決定手段16Aを使用しない場合には、各シミュレータ41-iが優先度をデータ交換メッセージに付加する必要はない。

【0165】以上のように、この実施の形態10によれば、強制的な論理時刻の進行が発生した場合にメッセージに付加された優先度、予め設定されたデータについての優先度、および予め設定された通信経路の優先度のうちの少なくとも2つに基づいてメッセージの優先度を決定し、優先度の高いメッセージが優先的に送信されるようにしたので、論理時刻の進行を実時刻の進行に同期させつつ、重要なデータの交換が優先的に実行され、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果が得られる。

【0166】実施の形態11. 図32はこの発明の実施の形態11による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【0167】図において、4Cは論理時刻／データ交換管理手段6より論理時刻を受け取り、その論理時刻と実時刻データとの関係が制約条件を満足するか否かを判定し、その判定結果に応じて論理時刻の進行の許可を通知するとともに、シミュレータ41-iにおける論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合にはそのシミュレータ41-iにおける論理時刻の強制的な進行の可否を時刻同期ブロック制御手段18に問い合わせ、論理時刻の強制的な進行が許可されたときにはその旨を論理時刻／データ交換管理手段6に通知し、論理時刻の強制的な進行が許可されないときには、そのシミュレータ41-iによる処理が完了するまで論理時刻／データ交換管理手段6に待機させるリアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段、第1の時刻進行停止手段）である。

【0168】18はリアルタイム時刻進行管理手段4Cからの問い合わせを受け取ると、時刻同期ブロックテーブル格納部19の時刻同期ブロックテーブルを参照して、その問い合わせに係るシミュレータが時刻同期ブロックテーブルに登録されているか否かを調べ、登録されていない場合には論理時刻の強制的な進行を許可し、登録されている場合には論理時刻の強制的な進行を許可しない時刻同期ブロック制御手段（第1の時刻進行停止手段）である。

【0169】19は強制的な論理時刻の進行よりシミュレーションの処理を優先させるシミュレータが登録された時刻同期ブロックテーブルを保持する時刻同期ブロックテーブル格納部である。20は強制的な論理時刻の進行よりシミュレーションの処理を優先させるシミュレータを時刻同期ブロックテーブルに登録するブロックシミュレータ指定手段である。

【0170】図32のその他の構成要素については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0171】次に動作について説明する。図33は実施の形態11において論理時刻の強制的な進行の可否を決定する処理について説明するフローチャートである。

【0172】リアルタイム時刻進行管理手段4Cは、図33に示す処理を実行し、実時刻の進行に論理時刻の進行が間に合っているか否かを監視する。

【0173】まず、リアルタイム時刻進行管理手段4Cは、ステップST101においてリアルタイム時刻条件設定手段2による制約条件を予め受け取る。

【0174】そして、ステップST102において、リアルタイム時刻進行管理手段4Cは、実時刻管理手段3からの実時刻データを受け取るとともに、論理時刻／データ交換管理手段6から論理時刻を読み出す。次にリアルタイム時刻進行管理手段4Cは、ステップST103において、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であるか否かを判定し、ステップST104において、実時刻データの値が論理時刻より大きいのかを判定する。

【0175】ここで、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなるまでステップST102～ステップST104の処理を繰り返し、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなったとき（すなわち、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないとき）に、リアルタイム時刻進行管理手段4Cは、ステップST105において、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないシミュレータ41-iにおける論理時刻を強制的に進行させてもよいのか否かを時刻同期ブロック制御手段18に問い合わせる。

【0176】時刻同期ブロック制御手段18は、そのシミュレータ41-iが時刻同期ブロックテーブル格納部19の時刻同期ブロックテーブルに登録されているか否

かを調べ、登録されていない場合には論理時刻の強制的な進行を許可し、登録されている場合には論理時刻の強制的な進行を許可しない。

【0177】そして、ステップST106においてリアルタイム時刻進行管理手段4Cは、論理時刻の強制的な進行が許可されたときには、ステップST107において、その旨を論理時刻／データ交換管理手段6に通知し、論理時刻／データ交換管理手段6は、その通知を受け取ると、強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行するとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄する。

【0178】一方、論理時刻の強制的な進行が許可されないときには、リアルタイム時刻進行管理手段4Cは、ステップST108において、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないシミュレータ41-iによる処理が完了するまで論理時刻／データ交換管理手段6に待機させる。この場合、シミュレータ41-iによる処理が完了したときにリアルタイム時刻進行管理手段4Cは、論理時刻／データ交換管理手段6に、強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行させるとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄させる。

【0179】なお、その他の処理については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0180】以上のように、この実施の形態11によれば、時刻同期ブロックテーブルに登録されているシミュレータ41-iにおける論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合、そのシミュレータ41-iによる処理が完了した後に、論理時刻を強制的に進行させるようにしたので、シミュレータごとに、論理時刻の実時刻への同期および処理の完了のいずれを優先するかを選択することができ、例えば連続量を評価する場合などにおいてシミュレーションをより正確に実行することができるという効果が得られる。

【0181】なお、上記実施の形態11においては、強制的な論理時刻の進行よりシミュレーションの処理を優先させるシミュレータをテーブル形式で登録するようにしているが、他の形式で登録するようにしてもよい。

【0182】また、強制的な論理時刻の進行よりシミュレーションの処理を優先させるシミュレータを時刻同期ブロックテーブルに登録するようにしているが、時刻同期ブロックテーブルを設けることなく、指定されたシミュレータについて、強制的な論理時刻の進行よりシミュレーションの処理を優先させるか否かを例えば時刻同期ブロック制御手段18により直接返答するようにしてもよい。

【0183】実施の形態12. 図34はこの発明の実施の形態12による並列分散シミュレーションシステムの

構成例を示すブロック図である。

【0184】図において、4Dは論理時刻／データ交換管理手段6より論理時刻を受け取り、その論理時刻と実時刻データとの関係が制約条件を満足するか否かを判定し、その判定結果に応じて論理時刻の進行の許可を通知するとともに、シミュレータにおける論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合には、強制進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのデータ（属性）に基づいて論理時刻の強制的な進行の可否を時刻同期ブロック制御手段18Aに問い合わせ、論理時刻の強制的な進行が許可されたときにはその旨を論理時刻／データ交換管理手段6に通知し、論理時刻の強制的な進行が許可されないときには、強制進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうちの、指定されたデータ（属性）を有するデータ交換メッセージの送信が完了するまで論理時刻／データ交換管理手段6に待機させるリアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段、第2の時刻進行停止手段）である。

【0185】18Aはリアルタイム時刻進行管理手段4Dからの問い合わせを受け取ると、時刻同期ブロックテーブル格納部19Aの時刻同期ブロックテーブルを参照して、その問い合わせに係るデータ（属性）が時刻同期ブロックテーブルに登録されているか否かを調べ、その問い合わせに係るデータ（属性）がすべて登録されていない場合には論理時刻の強制的な進行を許可し、いずれか1つでも登録されている場合には論理時刻の強制的な進行を許可しない時刻同期ブロック制御手段（第2の時刻進行停止手段）である。

【0186】19Aは強制的な論理時刻の進行よりデータ交換メッセージの送信を優先させるデータ（属性）が登録された時刻同期ブロックテーブルを保持する時刻同期ブロックテーブル格納部である。21は強制的な論理時刻の進行よりデータ交換メッセージの送信を優先させるデータ（属性）を時刻同期ブロックテーブルに登録するブロック属性指定手段である。

【0187】図34のその他の構成要素については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0188】次に動作について説明する。リアルタイム時刻進行管理手段4Dは、実時刻の進行に論理時刻の進行が間に合っているか否かを監視する。

【0189】リアルタイム時刻進行管理手段4Dは、実時刻管理手段3からの実時刻データを受け取るとともに、論理時刻／データ交換管理手段6から論理時刻を読み出す。次にリアルタイム時刻進行管理手段4Dは、実時刻が遅延制約時刻以上であるか否かを判定し、実時刻データの値が論理時刻より大きいかなかを判定する。

【0190】ここで、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなるまで待機し、実時刻データの値が遅延制約時刻

以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなったとき（すなわち、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないとき）に、リアルタイム時刻進行管理手段4Dは、強制進行後の論理時刻以前に送信すべき各データ交換メッセージのデータを時刻同期ブロック制御手段18Aに供給して、論理時刻を強制的に進行させてもよいかを問い合わせる。

【0191】時刻同期ブロック制御手段18Aは、そのデータが時刻同期ブロックテーブル格納部19Aの時刻同期ブロックテーブルに登録されているか否かを調べ、供給されたデータがすべて登録されていない場合には論理時刻の強制的な進行を許可し、いずれかが登録されている場合には論理時刻の強制的な進行を許可せず、その登録されているデータをリアルタイム時刻進行管理手段4Dに通知する。

【0192】そしてリアルタイム時刻進行管理手段4Dは、論理時刻の強制的な進行が許可されたときには、その旨を論理時刻／データ交換管理手段6に通知し、論理時刻／データ交換管理手段6は、その通知を受け取ると、強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行するとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄する。

【0193】一方、論理時刻の強制的な進行が許可されないときには、リアルタイム時刻進行管理手段4Dは、通知されたデータを有するデータ交換メッセージの送信を実行させ、その送信が完了するまで論理時刻／データ交換管理手段6に待機させる。その送信が完了したときにリアルタイム時刻進行管理手段4Dは、論理時刻／データ交換管理手段6に、強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行させるとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄させる。

【0194】なお、その他の処理については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0195】以上のように、この実施の形態12によれば、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合、時刻同期ブロックテーブルに登録されているデータを有するデータ交換メッセージの送信が完了した後に、論理時刻を強制的に進行させるようにしたので、シミュレータ間で交換するデータごとに、論理時刻の実時刻への同期および処理の完了のいずれを優先するかを選択することができ、例えば特定の連続量を評価する場合などにおいてシミュレーションをより正確に実行することができるという効果が得られる。

【0196】実施の形態13. 図35はこの発明の実施の形態13による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【0197】図において、4Eは論理時刻／データ交換

管理手段6より論理時刻を受け取り、その論理時刻と実時刻データとの関係が制約条件を満足するか否かを判定し、その判定結果に応じて論理時刻の進行の許可を通知するとともに、シミュレータにおける論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合には、強制進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージの通信経路に基づいて論理時刻の強制的な進行の可否を時刻同期ブロック制御手段18Bに問い合わせ、論理時刻の強制的な進行が許可されたときにはその旨を論理時刻／データ交換管理手段6に通知し、論理時刻の強制的な進行が許可されないときには、強制進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうちの、指定された通信経路のデータ交換メッセージの送信が完了するまで論理時刻／データ交換管理手段6に待機させるリアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段、第3の時刻進行停止手段）である。

【0198】18Bはリアルタイム時刻進行管理手段4Eからの問い合わせを受け取ると、時刻同期ブロックテーブル格納部19Bの時刻同期ブロックテーブルを参照して、その問い合わせに係る通信経路が時刻同期ブロックテーブルに登録されているか否かを調べ、その問い合わせに係る通信経路がすべて登録されていない場合には論理時刻の強制的な進行を許可し、いずれか1つでも登録されている場合には論理時刻の強制的な進行を許可しない時刻同期ブロック制御手段（第3の時刻進行停止手段）である。

【0199】19Bは強制的な論理時刻の進行よりデータ交換メッセージの送信を優先させる通信経路が登録された時刻同期ブロックテーブルを保持する時刻同期ブロックテーブル格納部である。22は強制的な論理時刻の進行よりデータ交換メッセージの送信を優先させる通信経路を時刻同期ブロックテーブルに登録するブロックメッセージ指定手段である。

【0200】図35のその他の構成要素については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0201】次に動作について説明する。リアルタイム時刻進行管理手段4Eは、実時刻の進行に論理時刻の進行が間に合っているか否かを監視する。

【0202】リアルタイム時刻進行管理手段4Eは、実時刻管理手段3からの実時刻データを受け取るとともに、論理時刻／データ交換管理手段6から論理時刻を読み出す。次にリアルタイム時刻進行管理手段4Eは、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であるか否かを判定し、実時刻データの値が論理時刻より大きいかを判定する。

【0203】ここで、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなるまで待機し、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大

きくなったとき（すなわち、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないとき）に、リアルタイム時刻進行管理手段4Eは、強制進行後の論理時刻以前に送信すべき各データ交換メッセージの通信経路を時刻同期ブロック制御手段18Bに供給して、論理時刻を強制的に進行させてもよいか否かを問い合わせる。

【0204】時刻同期ブロック制御手段18Bは、その通信経路が時刻同期ブロックテーブル格納部19Bの時刻同期ブロックテーブルに登録されているか否かを調べ、供給された通信経路がすべて登録されていない場合には論理時刻の強制的な進行を許可し、いずれかが登録されている場合には論理時刻の強制的な進行を許可せず、その登録されている通信経路をリアルタイム時刻進行管理手段4Eに通知する。

【0205】そしてリアルタイム時刻進行管理手段4Eは、論理時刻の強制的な進行が許可されたときには、その旨を論理時刻／データ交換管理手段6に通知し、論理時刻／データ交換管理手段6は、その通知を受け取ると、強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行するとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄する。

【0206】一方、論理時刻の強制的な進行が許可されないときには、リアルタイム時刻進行管理手段4Eは、通知された通信経路のデータ交換メッセージの送信を実行させ、その送信が完了するまで論理時刻／データ交換管理手段6に待機させる。その送信が完了したときにリアルタイム時刻進行管理手段4Eは、論理時刻／データ交換管理手段6に、強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行させるとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄させる。

【0207】なお、その他の処理については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0208】以上のように、この実施の形態13によれば、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合、時刻同期ブロックテーブルに登録されている通信経路のデータ交換メッセージの送信が完了した後に、論理時刻を強制的に進行させるようにしたので、データ交換の通信経路ごとに、論理時刻の実時刻への同期および処理の完了のいずれを優先するかを選択することができ、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果が得られる。

【0209】実施の形態14. 図36はこの発明の実施の形態14による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【0210】図において、4Fは論理時刻／データ交換管理手段6より論理時刻を受け取り、その論理時刻と実時刻データとの関係が制約条件を満足するか否かを判定

し、その判定結果に応じて論理時刻の進行の許可を通知するとともに、シミュレータにおける論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合にはそのシミュレータにおける論理時刻の強制的な進行の可否を、強制進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのデータおよび通信経路に基づいて時刻同期ブロック制御手段18Cに問い合わせ、論理時刻の強制的な進行が許可されたときにはその旨を論理時刻／データ交換管理手段6に通知し、論理時刻の強制的な進行が許可されないときには、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないシミュレータ41-iによる処理が完了し、かつ、強制進行後の論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうちの、指定されたデータおよび通信経路のデータ交換メッセージの送信が完了するまで論理時刻／データ交換管理手段6に待機させるリアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段、統合時刻進行停止手段）である。

【0211】18Cはリアルタイム時刻進行管理手段4Fからの問い合わせを受け取ると、時刻同期ブロックテーブル格納部19Cの時刻同期ブロックテーブルを参照して、その問い合わせに係るシミュレータ、データおよび通信経路がそれぞれ時刻同期ブロックテーブルに登録されているか否かを調べ、いずれも登録されていない場合には論理時刻の強制的な進行を許可し、いずれかが登録されている場合には論理時刻の強制的な進行を許可せず、その登録されているシミュレータ41-i、データまたは通信経路をリアルタイム時刻進行管理手段4Fに通知する時刻同期ブロック制御手段（統合時刻進行停止手段）である。

【0212】19Cは強制的な論理時刻の進行よりシミュレーションの処理を優先させるシミュレータ、強制的な論理時刻の進行よりデータ交換メッセージの送信を優先するデータおよび通信経路が登録された時刻同期ブロックテーブルを保持する時刻同期ブロックテーブル格納部である。

【0213】23は強制的な論理時刻の進行よりシミュレーションの処理を優先させるシミュレータをブロックシミュレータ指定手段20により指定され、強制的な論理時刻の進行よりデータ交換メッセージの送信を優先させるデータをブロック属性指定手段21により指定され、強制的な論理時刻の進行よりデータ交換メッセージの送信を優先させる通信経路をブロックメッセージ指定手段22により指定され、それらのシミュレータ、データおよび通信経路を時刻同期ブロックテーブルに登録するブロック指定手段である。

【0214】なお、図36のその他の構成要素については、実施の形態11, 12, 13によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0215】次に動作について説明する。リアルタイム時刻進行管理手段4Fは、実時刻の進行に論理時刻の進

行が間に合っているか否かを監視する。

【0216】リアルタイム時刻進行管理手段4Fは、実時刻管理手段3からの実時刻データを受け取るとともに、論理時刻／データ交換管理手段6から論理時刻を読み出す。次にリアルタイム時刻進行管理手段4Fは、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であるか否かを判定し、実時刻データの値が論理時刻より大きいかなんかを判定する。

【0217】ここで、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなるまで待機し、実時刻データの値が遅延制約時刻以上であり、かつ、実時刻データの値が論理時刻より大きくなったとき（すなわち、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないとき）に、リアルタイム時刻進行管理手段4Fは、強制進行後の論理時刻以前に送信すべき各データ交換メッセージのデータおよび通信経路を時刻同期ブロック制御手段18Cに供給し、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないシミュレータ41-iにおける論理時刻を強制的に進行させてもよいかなんかを問い合わせる。

【0218】時刻同期ブロック制御手段18Cは、そのシミュレータ41-i、データおよび通信経路のいずれかが時刻同期ブロックテーブル格納部19Cの時刻同期ブロックテーブルに登録されているかなんかを調べ、そのシミュレータ41-i、データの属性および通信経路がすべて登録されていない場合には論理時刻の強制的な進行を許可し、いずれかが登録されている場合には論理時刻の強制的な進行を許可せず、登録されているシミュレータ41-i、データまたは通信経路をリアルタイム時刻進行管理手段4Fに通知する。

【0219】そしてリアルタイム時刻進行管理手段4Fは、論理時刻の強制的な進行が許可されたときには、その旨を論理時刻／データ交換管理手段6に通知し、論理時刻／データ交換管理手段6は、その通知を受け取ると、強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行するとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄する。

【0220】一方、論理時刻の強制的な進行が許可されないときには、リアルタイム時刻進行管理手段4Fは、通知されたデータおよび通信経路のデータ交換メッセージの送信を実行させ、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わないシミュレータ41-iの処理が完了し、かつ、その送信が完了するまで論理時刻／データ交換管理手段6に待機させる。その処理、および、その送信が完了したときにリアルタイム時刻進行管理手段4Fは、論理時刻／データ交換管理手段6に、強制時刻進行メッセージTAGCを強制時刻進行の対象であるシミュレータ41-iに対して発行させるとともに、整合性を確保できないデータ交換メッセージを廃棄させる。

【0221】なお、その他の処理については、実施の形態11、12、13によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0222】以上のように、この実施の形態14によれば、論理時刻の進行が実時刻の進行に間に合わない場合、時刻同期ブロックテーブルに登録されているシミュレータ41-iの処理が完了し、かつ、時刻同期ブロックテーブルに登録されているデータおよび通信経路のデータ交換メッセージの送信が完了した後に、論理時刻を強制的に進行させるようにしたので、シミュレータ41-iごとに、並びにデータ交換のデータおよび通信経路ごとに、論理時刻の実時刻への同期および処理の完了のいずれを優先するかを選択することができ、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果が得られる。

【0223】なお、上記実施の形態14においては、シミュレータ41-i、データおよび通信経路の3つに基づいて、論理時刻の実時刻への同期および処理の完了のいずれを優先するかを選択することができるようになっているが、それらの3つのうちの2つに基づいて論理時刻の実時刻への同期および処理の完了のいずれを優先するかを選択することができるようにしてもよい。

【0224】実施の形態15。図37はこの発明の実施の形態15による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。図38は、この発明の実施の形態15による並列分散シミュレーションシステムの適用例を示すブロック図である。

【0225】図37において、24は、実時刻管理手段3より実時刻データを供給され、その実時刻データの値に所定の係数 x を乗じて、実時刻の進行速度を $(1/x)$ 倍に変更（ $x=1$ の場合には、そのままの進行速度に）し、リアルタイム時刻進行管理手段4に供給する実時刻進行制御手段である。図37のその他の構成要素については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0226】なお、実時刻進行制御手段24の係数 x は予め設定しておいてもよいし、図38に示すように、インタフェース51を介して外部機器61により適宜設定、調節されるようにしてもよい。

【0227】次に動作について説明する。実時刻管理手段3は実時刻データを実時刻進行制御手段24に供給し、実時刻進行制御手段24は、その実時刻データの値に所定の係数 x を乗じて、実時刻の進行速度を $(1/x)$ 倍に変更し、リアルタイム時刻進行管理手段4に供給する。リアルタイム時刻進行管理手段4は、その実時刻に基づいて上述の各種処理を実行する。例えば $x=2$ の場合には実時刻の進行の2分の1の速度に同期してスローモーションでシミュレーションが実行され、 $x=1/3$ の場合には実時刻の進行の3倍の速度に同期して早送りでシミュレーションが実行される。

【0228】なお、その他の処理については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0229】以上のように、この実施の形態15によれば、実時刻の進行速度を変更可能にしたので、例えば外部機器により適宜設定された進行速度でシミュレーションを実行することができるという効果が得られる。

【0230】実施の形態16。図39はこの発明の実施の形態16による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。図において、25は実時刻進行制御手段24から実時刻データの値に乘ずる係数 x を読み出し、所定の規則に従ってその係数 x の値に応じて時刻同期ブロックテーブル格納部（進行速度別停止判定手段）19の時刻同期ブロックテーブルの内容を書き換える速度別ブロック指定手段（進行速度別停止判定手段）である。図39のその他の構成要素については実施の形態11、15によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0231】次に動作について説明する。シミュレーションは、実時刻進行制御手段24により設定された速度で実行される。このとき、速度別ブロック指定手段25は、実時刻進行制御手段24から実時刻に乘ずる係数 x を読み出し、所定の規則に従ってその係数 x の値（すなわち、シミュレーションの速度）に応じて時刻同期ブロックテーブル格納部19の時刻同期ブロックテーブルの内容を書き換える。そして、時刻同期ブロック制御手段（進行速度別停止判定手段）18が、時刻同期ブロックテーブル格納部19の時刻同期ブロックテーブルを参照し、強制的な論理時刻の進行の可否をリアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行停止手段）4Cに通知する。

【0232】その他の処理については実施の形態11によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0233】以上のように、この実施の形態16によれば、シミュレーションの速度に応じて、時刻同期ブロックテーブルに登録されているシミュレータ41-iを追加もしくは削除するようにしたので、実時刻の進行を変更した際にも適切な正確さでシミュレーションを実行することができるという効果が得られる。

【0234】なお、上記実施の形態16においては、時刻同期ブロックテーブルにはシミュレータのみが登録されているが、上記実施の形態12、13、14に示すように、データおよび（または）通信経路を登録するようにし、シミュレーションの進行速度に応じてそれらの書き換えを行うようにしてもよい。

【0235】実施の形態17。図40はこの発明の実施の形態17による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【0236】図において、26は実時刻管理手段3から実時刻データを供給されるとともに、シミュレーションの状態を監視し、イベント設定手段27により設定され

たイベント発生条件が満足されたときに、同様に設定されたイベントを、指定されたシミュレータ41-iにおけるシミュレーションに通信手段5を介して投入するイベント投入手段である。27はシミュレーションに投入するイベント、およびイベントを投入するときのイベント発生条件を設定するイベント設定手段である。なお、図40のその他の構成要素については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0237】次に動作について説明する。イベント設定手段27は、シミュレーションに投入するイベント、およびイベントを投入するときのイベント発生条件を設定する。イベント発生条件としては、データ（属性）の値、イベントの発生順序、各シミュレータ41-iの状態などに基づいて設定される。

【0238】イベント投入手段26は、実時刻管理手段3から実時刻データを供給されるとともに、シミュレーションの状態（すなわち、属性の値など）を監視し、イベント発生条件が満足されたときに、イベント設定手段27により設定されたイベントを、指定されたシミュレータ41-iにおけるシミュレーションに通信手段5を介して投入する。

【0239】なお、その他の処理については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0240】以上のように、この実施の形態17によれば、シミュレーションに所定のイベントを投入することができるようにしたので、プロトタイプ段階での実機（リアルタイムシステム）の検証を簡単に実行することができるという効果が得られる。

【0241】すなわち、リアルタイムシステムでは、あるイベント発生後の経過時間によりシステムの動作が変わる場合がある。例えば、電話においては、受話器をあげた後、一定時間内は相手先の電話番号の入力操作を受け付けるが、その後は通話動作へと変化する。したがって、任意の実時刻に所定のイベントの投入が可能になると、このようなリアルタイムシステムのプロトタイプ検証を用意に実行することができる。

【0242】実施の形態18。図41はこの発明の実施の形態18による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。この発明の実施の形態18による並列分散シミュレーションシステムは、複数の並列分散シミュレーションシステムが接続され、構成されている。このような並列分散シミュレーションシステムは、1つの並列分散シミュレーションシステムではシミュレーションが実行することが困難であるような大規模なシミュレーションの実行に使用される。

【0243】図において、1Gは実施の形態3におけるシミュレーションマネージャ1Aに時刻通知手段28と時刻修正手段29を設けたシミュレーションマネージャであり、1Hは、実施の形態1におけるシミュレーショ

ンマネージャ1に時刻通知手段28と時刻修正手段29を設けたシミュレーションマネージャである。

【0244】シミュレーションマネージャ1G、1Hにおいて、28は論理時刻を強制的に進行する場合に実時刻データを他のシミュレーションマネージャ1G、1Hに通知する時刻通知手段（実時刻通知手段）であり、29は他のシミュレーションマネージャ1G、1Hにより通知された実時刻データに基づいて実時刻管理手段3における実時刻データを修正する時刻修正手段（実時刻修正手段）である。

【0245】なお、図41のその他の構成要素については、実施の形態1、3によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0246】次に動作について説明する。各シミュレーションマネージャ1G、1Hのリアルタイム時刻進行管理手段4、およびネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段4Aは、論理時刻を強制的に進行させる場合にその旨を論理時刻／データ交換管理手段6に通知するとともに、時刻通知手段28に通知する。

【0247】時刻通知手段28は、論理時刻を強制的に進行する場合に実時刻データを他のシミュレーションマネージャ1G、1Hに通知する。他のシミュレーションマネージャ1G、1Hの時刻修正手段29は、他のシミュレーションマネージャ1G、1Hにより通知された実時刻データに基づいて実時刻管理手段3における実時刻データを修正する。このとき時刻修正手段29は、通知された実時刻と、実時刻管理手段3による実時刻とを比較し、通知された実時刻が実時刻管理手段3による実時刻より進んでいる場合には、実時刻管理手段3による実時刻データを通知された実時刻に修正する。

【0248】一方、通知された実時刻が実時刻管理手段3による実時刻より遅れている場合には、特に何もしない。この場合、実時刻を通知したシミュレーションマネージャ1G、1Hにおける実時刻が、実時刻を通知されたシミュレーションマネージャ1G、1Hにおける実時刻より遅れていることになるが、いずれ、他のシミュレーションマネージャ1G、1Hより同様の通知を受け取ったときに修正されることになる。

【0249】なお、各シミュレーションマネージャ1B、1D、1G、1Hにおけるその他の処理については、実施の形態1、3によるシミュレーションマネージャ1B、1D、1A、1とそれぞれ同様であるので、その説明を省略する。

【0250】以上のように、この実施の形態18によれば、シミュレーションマネージャ1G、1H間で互いに実時刻を同期させるようにしたので、1つのシミュレーションマネージャが他のシミュレーションマネージャの実時刻を管理し、複数のシミュレーションマネージャを使用して大規模なシミュレーションを実行する場合であって、所定のシミュレーションマネージャとの通信速度

が遅い場合に、その所定のシミュレーションマネージャが実時刻を独立して自ら管理し、その実時刻を残りのシミュレーションマネージャの実時刻に同期させることにより、通信速度の遅いシミュレーションマネージャが存在しても、同一の実時刻に沿ってシミュレーションを進行させることができるという効果が得られる。

【0251】なお、上記実施の形態においては、シミュレータ41-1～41-4は3個または4個であるが、シミュレータの数は3個または4個に限定されるものではない。また、各シミュレータを計算機でそれぞれ構成しても、複数のシミュレータを1つの計算機で構成してソフトウェア的に並列に複数のシミュレータについての処理を実行するようにしてもよい。さらに、シミュレータの接続形態は、図示したものに限定されるものではなく、メッセージの授受が可能であればどのような接続形態でもよい。

【0252】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、実時刻データとシミュレーションの論理時刻との関係に対する制約条件を、計測した実時刻データと論理時刻との関係が満足しない場合には制約条件を満足する時刻に論理時刻を強制的に進行または遅延させるように構成したので、シミュレーションにおける論理時刻の進行を常に実時刻の進行に同期させることができるという効果がある。

【0253】この発明によれば、論理時刻が強制的に進行された場合に、強制的に進行された論理時刻以前にシミュレータへ送信すべきデータ交換メッセージに警告情報を付加するように構成したので、強制的な論理時刻の進行によるデータの消失が減少し、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果がある。

【0254】この発明によれば、実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しないシミュレータの論理時刻を強制的に進行させる代わりにそのシミュレータを他のシミュレータと同期しない非同期シミュレータとし、実時刻データと非同期シミュレータの論理時刻との関係が制約条件を満足したときに、その非同期シミュレータを他のシミュレータと同期するシミュレータに復帰させるように構成したので、シミュレータごとに、論理時刻の強制的な進行およびシミュレーションの正確な実行のいずれかを優先するか設定することができ、シミュレーションの実時刻に同期した進行とシミュレーションの正確さとを適切に設定することができるという効果がある。

【0255】この発明によれば、実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しないシミュレータを非同期シミュレータとする場合、そのシミュレータが所定のグループに属するときには、そのグループに属するすべてのシミュレータを非同期シミュレータとし、実時刻データと、グループに属するすべてのシミュレータの論理

時刻との関係が制約条件を満足したときに、所定のグループに属するすべてのシミュレータを、非同期シミュレータから他のシミュレータと同期するシミュレータに復帰させるように構成したので、シミュレータのグループごとに、論理時刻の強制的な進行およびシミュレーションの正確な実行のいずれかを優先するか設定することができ、シミュレーションの実時刻に同期した進行とシミュレーションの正確さを適切に設定することができるという効果がある。

【0256】この発明によれば、各シミュレータからシミュレーションマネージャを介して他のシミュレータに送信するメッセージに優先度を付加し、シミュレーションマネージャにおいて論理時刻を強制的に進行した場合に、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきメッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのメッセージより上位のメッセージのみを送信するように構成したので、論理時刻の進行を実時刻の進行に同期させつつ、重要なデータの交換が優先的に実行され、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果がある。

【0257】この発明によれば、論理時刻を強制的に進行した場合に、シミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージについて、データに対応して設定された優先度に基づいて各データから各データ交換メッセージの優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを送信するように構成したので、論理時刻の進行を実時刻の進行に同期させつつ、重要なデータの交換が優先的に実行され、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果がある。

【0258】この発明によれば、論理時刻を強制的に進行した場合に、シミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージについて、そのデータ交換メッセージの通信経路に対応して設定された優先度に基づいて各データ交換メッセージの通信経路から各データ交換メッセージの優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを送信するように構成したので、論理時刻の進行を実時刻の進行に同期させつつ、重要なデータの交換が優先的に実行され、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果がある。

【0259】この発明によれば、論理時刻を強制的に進行した場合に、各シミュレータによりメッセージに付加された優先度、シミュレータ間で交換されるデータ交換メッセージのデータに対応して設定された優先度に基づいて各データから導出された各データ交換メッセージの

優先度、および、データ交換メッセージの通信経路に対応して設定された優先度に基づいて各データ交換メッセージの通信経路から導出された各データ交換メッセージの優先度のうちの少なくとも2つの優先度に基づいて統合優先度を決定し、強制的に進行した論理時刻以前に送信すべきデータ交換メッセージのうち最上位の統合優先度を有するものを検索し、そのデータ交換メッセージより上位のデータ交換メッセージのみを送信するように構成したので、論理時刻の進行を実時刻の進行に同期させつつ、重要なデータの交換が優先的に実行され、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果がある。

【0260】この発明によれば、実時刻データと、複数のシミュレータのうちの所定のシミュレータの論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合、その所定のシミュレータによる論理時刻までのシミュレーションが完了した後に、論理時刻を強制的に進行させるように構成したので、シミュレータごとに、論理時刻の実時刻への同期および処理の完了のいずれを優先するかを選択することができ、例えば連続量を評価する場合などにおいてシミュレーションをより正確に実行することができるという効果がある。

【0261】この発明によれば、実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、データ交換メッセージのデータが所定のものであるときには、そのデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、論理時刻を強制的に進行させるように構成したので、シミュレータ間で交換するデータごとに、論理時刻の実時刻への同期および処理の完了のいずれを優先するかを選択することができ、例えば特定の連続量を評価する場合などにおいてシミュレーションをより正確に実行することができるという効果がある。

【0262】この発明によれば、実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、データ交換メッセージの通信経路が所定の通信経路であるときには、そのデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、論理時刻を強制的に進行させるように構成したので、データ交換の通信経路ごとに、論理時刻の実時刻への同期および処理の完了のいずれを優先するかを選択することができ、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果がある。

【0263】この発明によれば、実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、制約条件を満足しないシミュレータが所定のシミュレータであるか否かの条件、データ交換メッセージのデータが所定のものであるか否かの条件、および、データ交換メッセージの通信経路が所定の通信経路であるか否かの条件のうちの少なくとも2つの条件が所定の条件であるときには、そのデータ交換メッセージの送信を実行させた後に、論理時刻を強制的に進行させるように構成したので、シミュ

ュレータごとに、並びにデータ交換のデータおよび通信経路ごとに、論理時刻の実時刻への同期および処理の完了のいずれを優先するかを選択することができ、シミュレーションをより正確に実行することができるという効果がある。

【0264】この発明によれば、実時刻データの値に所定の係数を乗じて実時刻データに基づく実時刻の進行を制御するように構成したので、例えば外部機器により適宜設定された進行速度でシミュレーションを実行することができるという効果がある。

【0265】この発明によれば、実時刻データと論理時刻との関係が制約条件を満足しない場合に、制約条件を満足しないシミュレータが所定のシミュレータであるか否かの条件、データ交換メッセージのデータが所定のものであるか否かの条件およびデータ交換メッセージの通信経路が所定の通信経路であるか否かの条件のうちの少なくとも1つの条件、並びに実時刻の進行を制御する所定の係数に基づいて、各データ交換メッセージの送信を実行するか否かを判定し、送信を実行すると判定したデータ交換メッセージの送信を実行した後に、論理時刻を強制的に進行させるように構成したので、実時刻の進行を変更した際にも適切な正確さでシミュレーションを実行することができるという効果がある。

【0266】この発明によれば、所定の指定実時刻に所定のイベントを所定のシミュレータにおけるシミュレーションに投入するイベント投入手段を備えるように構成したので、プロトタイプ段階での実機の検証を簡単に実行することができるという効果がある。

【0267】この発明によれば、複数のシミュレーションマネージャが複数のシミュレータを分割して管理し、論理時刻を強制的に進行する場合に、所定の1つのシミュレーションマネージャが、自らの管理する前記シミュレータに論理時刻の強制的な進行を指示するとともに、他のシミュレーションマネージャに、それらのシミュレーションマネージャの管理するシミュレータに論理時刻の強制的な進行を指示させるように構成したので、複数のシミュレーションマネージャを使用するような大規模なシミュレーションを実行する際にも実時刻に同期した論理時刻でシミュレーションを進行させることができるという効果がある。

【0268】この発明によれば、複数のシミュレーションマネージャが複数のシミュレータを分割して管理し、所定のシミュレーションマネージャに、論理時刻を強制的に進行する場合に実時刻データを他のシミュレーションマネージャに通知する実時刻通知手段と、他のシミュレーションマネージャにより通知された実時刻データに基づいて実時刻管理手段による実時刻データを修正する実時刻修正手段とを備えるように構成したので、1つのシミュレーションマネージャが他のシミュレーションマネージャの実時刻を管理し、複数のシミュレーションマ

ネージャを使用して大規模なシミュレーションを実行する場合であって、所定のシミュレーションマネージャとの通信速度が遅い場合に、その所定のシミュレーションマネージャが実時刻を独立して自ら管理し、その実時刻を残りのシミュレーションマネージャの実時刻に同期させることにより、通信速度の遅いシミュレーションマネージャが存在しても、同一の実時刻に沿ってシミュレーションを進行させることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】 この発明の実施の形態1による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図2】 リアルタイム時刻条件設定手段による制約条件の一例を示す図である。

【図3】 リアルタイム時刻進行管理手段により論理時刻の進行の可否を決定する処理について説明するフローチャートである。

20 【図4】 リアルタイム時刻進行管理手段により論理時刻の強制的な進行の可否を決定する処理について説明するフローチャートである。

【図5】 論理時刻を強制的に進行させる際の処理の具体例を示す図である。

【図6】 各シミュレータの動作について説明する図である。

【図7】 実施の形態2による並列分散シミュレーションシステムにおけるリアルタイム時刻条件設定手段による制約条件の第1の例を示す図である。

30 【図8】 実施の形態2による並列分散シミュレーションシステムにおけるリアルタイム時刻条件設定手段による制約条件の第2の例を示す図である。

【図9】 実施の形態2による並列分散シミュレーションシステムにおけるリアルタイム時刻条件設定手段による制約条件の第3の例を示す図である。

【図10】 この発明の実施の形態3による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図11】 この発明の実施の形態4による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

40 【図12】 リアルタイム時刻進行管理手段により論理時刻の強制的な進行の可否を決定する処理について説明するフローチャートである。

【図13】 この発明の実施の形態5による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図14】 論理時刻と実時刻データとの関係が制約条件を満足しない場合の処理について説明するフローチャートである。

50 【図15】 非同期に移行したシミュレータを監視する処理について説明するフローチャートである。

【図 16】 論理時刻を互いに同期させるシミュレータのリストの一例を示す図である。

【図 17】 各シミュレータの同期／非同期状態、状態の移行の可否などを示すシミュレータ同期／非同期切替テーブルの一例を示す図である。

【図 18】 シミュレータの状態を非同期状態に移行させるときの処理について説明する図である。

【図 19】 論理時刻を互いに同期させるシミュレータのリストの他の例を示す図である。

【図 20】 シミュレータ同期／非同期切替テーブルの他の例を示す図である。

【図 21】 非同期状態のシミュレータの監視について説明する図である。

【図 22】 シミュレータの状態を同期状態に移行させるときの処理について説明する図である。

【図 23】 この発明の実施の形態 6 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 24】 図 23 のシミュレーションマネージャにおいて使用されるシミュレーション同期／非同期切替テーブルの一例を示す図である。

【図 25】 この発明の実施の形態 7 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 26】 メッセージテーブルの一例を示す図である。

【図 27】 この発明の実施の形態 8 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 28】 属性優先度テーブルの一例を示す図である。

【図 29】 この発明の実施の形態 9 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 30】 経路優先度テーブルの一例を示す図である。

【図 31】 この発明の実施の形態 10 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 32】 この発明の実施の形態 11 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 33】 実施の形態 11 において論理時刻の強制的な進行の可否を決定する処理について説明するフローチャートである。

【図 34】 この発明の実施の形態 12 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 35】 この発明の実施の形態 13 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図で

ある。

【図 36】 この発明の実施の形態 14 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 37】 この発明の実施の形態 15 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 38】 この発明の実施の形態 15 による並列分散シミュレーションシステムの適用例を示すブロック図である。

【図 39】 この発明の実施の形態 16 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 40】 この発明の実施の形態 17 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 41】 この発明の実施の形態 18 による並列分散シミュレーションシステムの構成例を示すブロック図である。

【図 42】 HLA に基づいて構成される並列分散シミュレーションシステムの一例を示すブロック図である。

【図 43】 図 42 の並列分散シミュレーションシステムを応用した、実時間における時刻進行に同期してシミュレーションにおける時刻を進行させる並列分散シミュレーションシステムの一例を示すブロック図である。

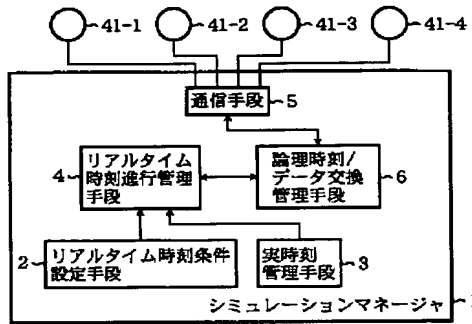
【符号の説明】

1, 1A~1H シミュレーションマネージャ、2 リアルタイム時刻条件設定手段（制約条件設定手段）、3 実時刻管理手段、4 リアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段）、4A, 4B ネットワーク型リアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段）、4C リアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段、第 1 の時刻進行停止手段、時刻進行停止手段）、4D リアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段、第 2 の時刻進行停止手段）、4E リアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段、第 3 の時刻進行停止手段）、4F リアルタイム時刻進行管理手段（時刻進行管理手段、統合時刻進行停止手段）、5, 5A 通信手段（メッセージ送信手段）、6 論理時刻／データ交換管理手段（時刻進行管理手段）、8 警告情報付加手段、9 シミュレータ同期／非同期切替手段、10 グループ化シミュレータ同期／非同期切替手段（シミュレータ同期／非同期切替手段）、11 メッセージ優先度順配送手段（第 1 のメッセージ優先選択手段）、13 属性優先度順配送手段（第 2 のメッセージ優先選択手段）、14 シミュレータ間優先度順配送手段（第 3 のメッセージ優先選択手段）、15 統合優先度選択手段（統合優先度計算手段）、16A メッセージ優先度決定手段（統合優先度計算手段）、16B 属性優先度決定手段（統合優先度計算手段）、16C シミュレータ

間優先度決定手段（統合優先度計算手段）、17 統合優先度順配送手段（メッセージ統合優先手段）、18 時刻同期ブロック制御手段（第1の時刻進行停止手段、進行速度別停止判定手段）、18A 時刻同期ブロック制御手段（第2の時刻進行停止手段）、18B 時刻同期ブロック制御手段（第3の時刻進行停止手段）、18C 時刻同期ブロック制御手段（統合時刻進行停止手段）、

19 時刻同期ブロックテーブル格納部（進行速度別停止判定手段）、24 実時刻進行制御手段、25 速度別ブロック指定手段（進行速度別停止判定手段）、26 イベント投入手段、28 時刻通知手段（実時刻通知手段）、29 時刻修正手段（実時刻修正手段）、41-1～41-4 シミュレータ。

【図1】

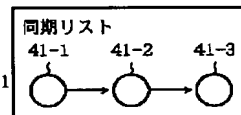


2: リアルタイム時刻条件設定手段(制約条件設定手段)
4: リアルタイム時刻進行管理手段(時刻進行管理手段)
5: 通信手段(メッセージ送信手段)
6: 論理時刻/データ交換管理手段(時刻進行管理手段)
41-1～41-4: シミュレータ

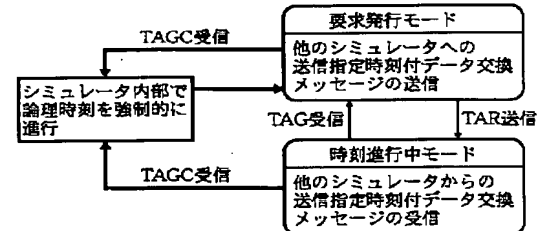
【図2】

ID	形式	開始トリガ	終了トリガ	周期	進行制約時間	強制進行時間
1	周期	時刻0	なし	100msec	95msec	105msec

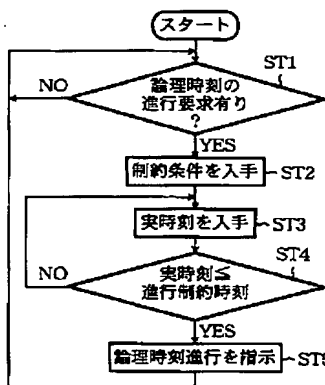
【図16】



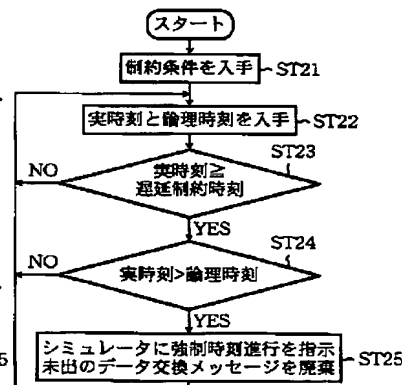
【図6】



【図3】



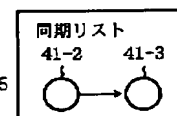
【図4】



【図7】

ID	形式	開始トリガ	終了トリガ	周期	進行制約時間	強制進行時間
1	周期	時刻0	なし	100msec	95msec	105msec
2	1回	イベントA	なし		5msec	5msec

【図19】



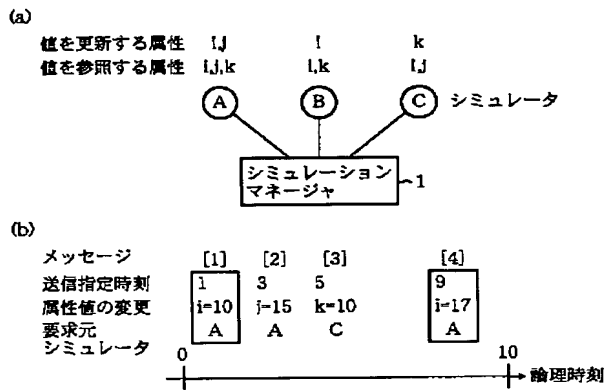
【図8】

ID	形式	開始トリガ	終了トリガ	周期	進行制約時間	強制進行時間
1	周期	時刻0	なし	100msec	95msec	105msec
2	10回	イベントA	なし	5msec	5msec	5msec

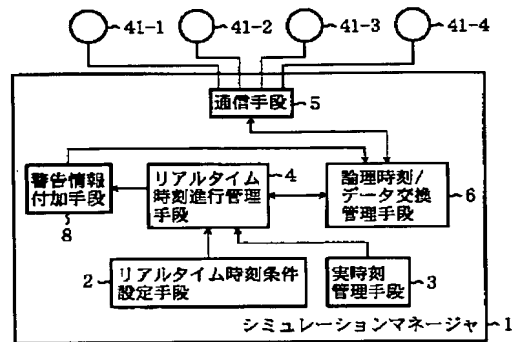
【図9】

ID	形式	開始トリガ	終了トリガ	周期	進行制約時間	強制進行時間
1	周期	時刻0	イベントA	100msec	95msec	105msec
2	周期	イベントA	イベントB	200msec	195msec	205msec
3	周期	イベントB	イベントA	100msec	95msec	105msec

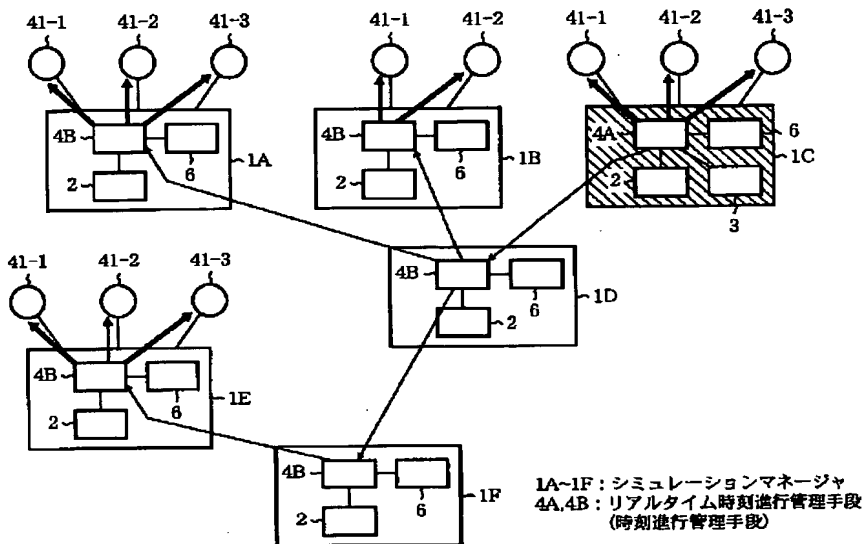
【図5】



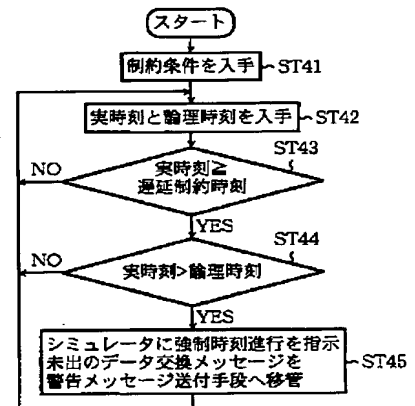
【図11】



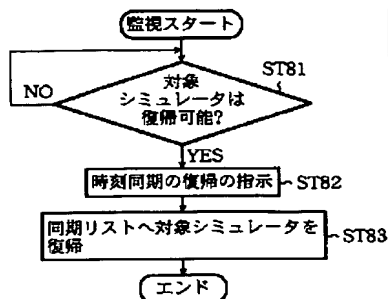
【図10】



【図12】



【図15】



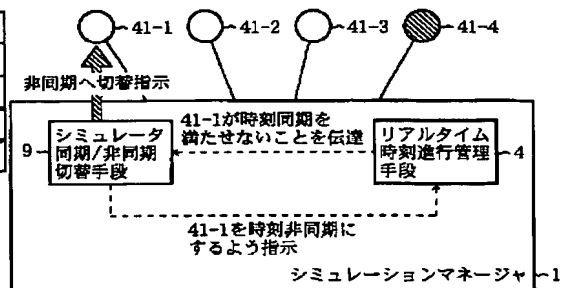
【図17】

シミュレータ	現状	変更可否	送出同期
41-1	同期	○	○
41-2	同期	○	×
41-3	同期	×	／
41-4	非同期	×	／

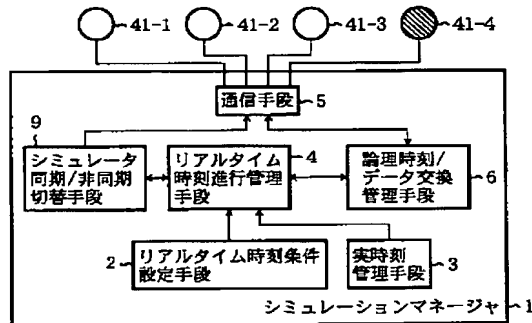
【図20】

シミュレータ	現状	変更可否	送出同期
41-1	非同期	○	○
41-2	同期	○	×
41-3	同期	×	／
41-4	非同期	×	／

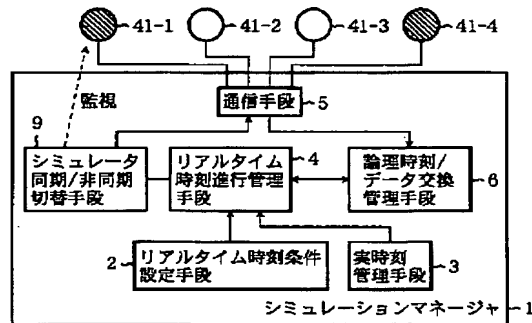
【図18】



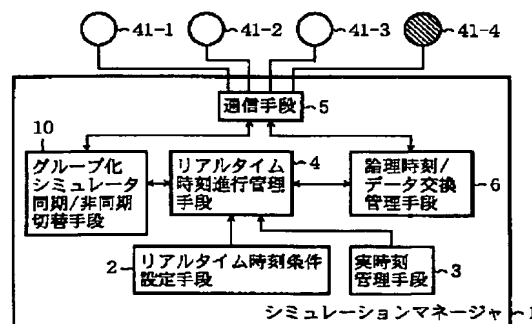
【図13】



【図21】

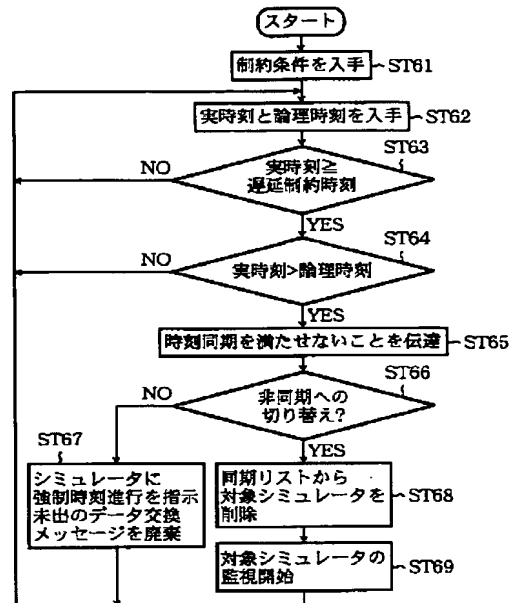


【図23】

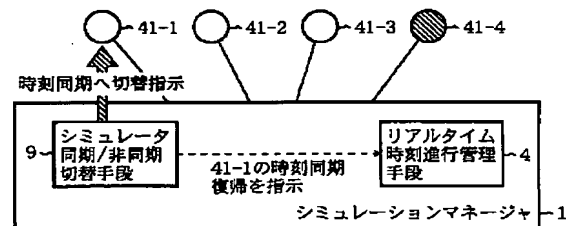


10: グループ化シミュレータ同期/非同期切替手段
(シミュレータ同期/非同期切替手段)

【図14】



【図22】



【図24】

シミュレータ	現状	変更可否	送出同期
41-1, 41-2	同期	○	○, ×
41-3	同期	×	—
41-4	非同期	×	—

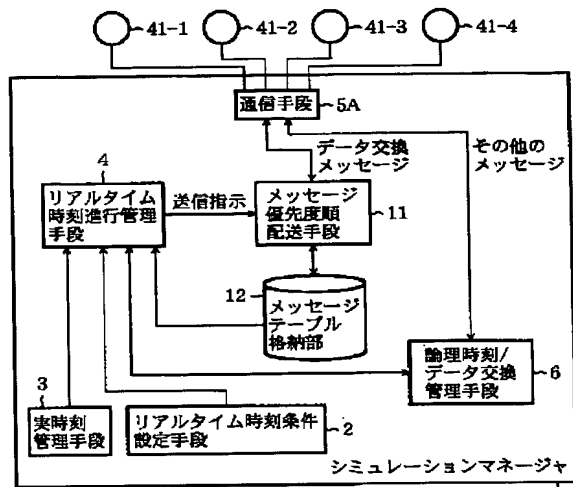
【図28】

属性名	優先度
i	1
j	3
k	2
l	2

【図30】

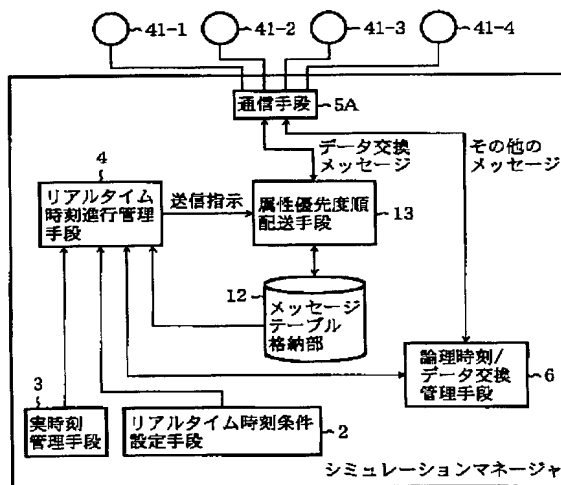
送信元	送信先	優先度
41-1	41-2	1
41-1	41-3	3
41-1	41-4	2
⋮	⋮	⋮
41-4	41-3	2

【図25】



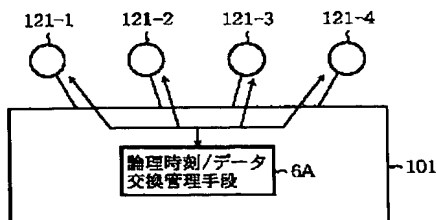
5A: 通信手段 (メッセージ送信手段)
 11: メッセージ優先度順配送手段
 (第1のメッセージ優先選択手段)

【図27】



13: 属性優先度順配送手段
 (第2のメッセージ優先選択手段)

【図42】



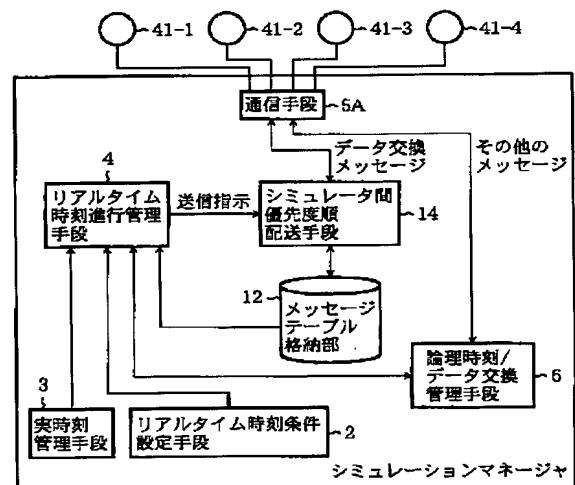
【図26】

優先度	送信元	送信先	転送内容
1	41-1	41-3
1	41-3	41-1
2	41-1	41-3
2	41-3	41-1
3	41-2	41-1
3	41-1	41-2
3	41-3	41-1
4	41-1	41-2

優先度2以下の
メッセージを
送信

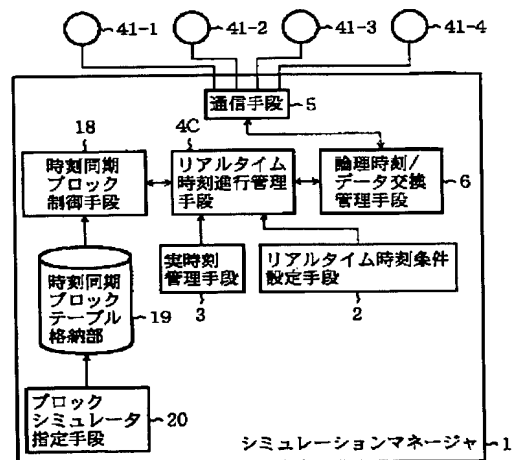
 転送不能な
メッセージ

【図29】



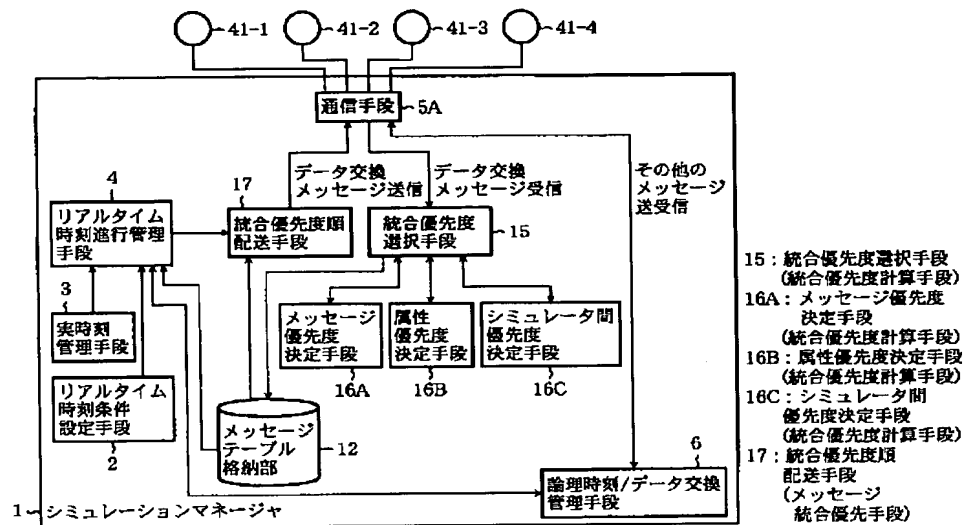
14: シミュレータ間優先度順配送手段
 (第3のメッセージ優先選択手段)

【図32】

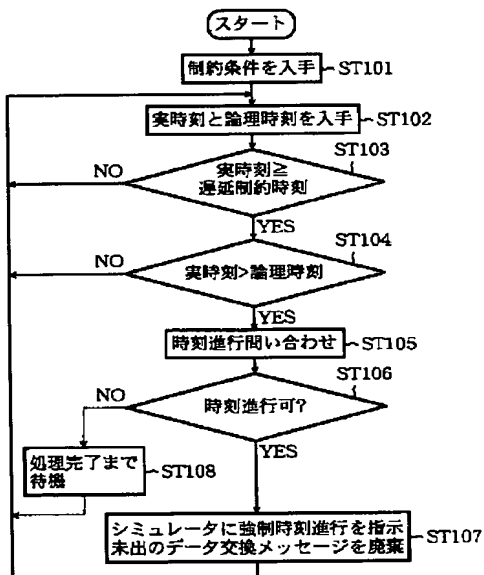


4C: リアルタイム時刻進行管理手段
 (時刻進行管理手段, 第1の時刻進行停止手段)
 18: 時刻同期ブロック制御手段 (第1の時刻進行停止手段)
 19: 時刻同期ブロックテーブル格納部
 (進行速度別停止判定手段)

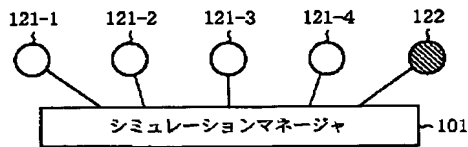
【図31】



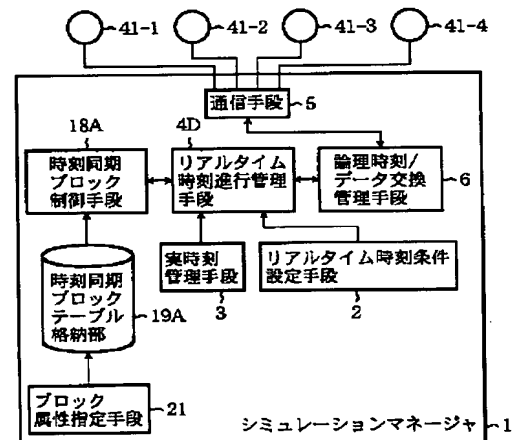
【図33】



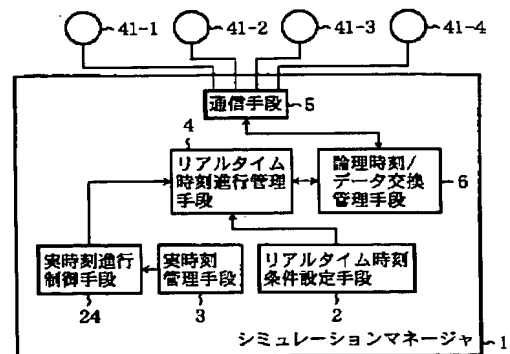
【図43】



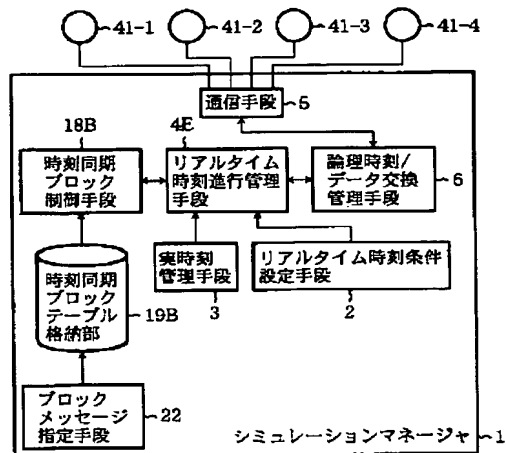
【図34】



【図37】



【図35】

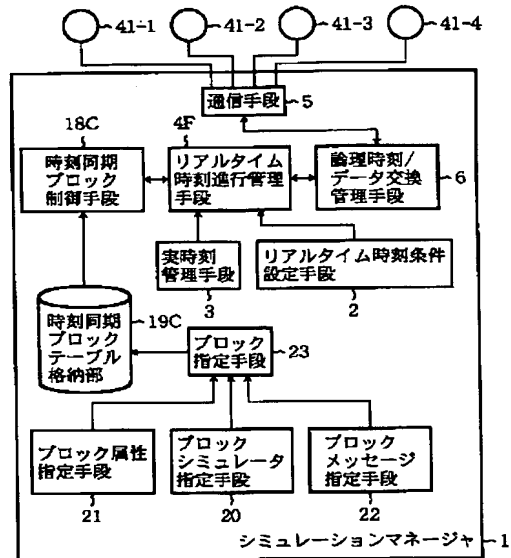


4E: リアルタイム時刻進行管理手段

(時刻進行管理手段, 第3の時刻進行停止手段)

18B: 時刻同期ブロック制御手段 (第3の時刻進行停止手段)

【図36】

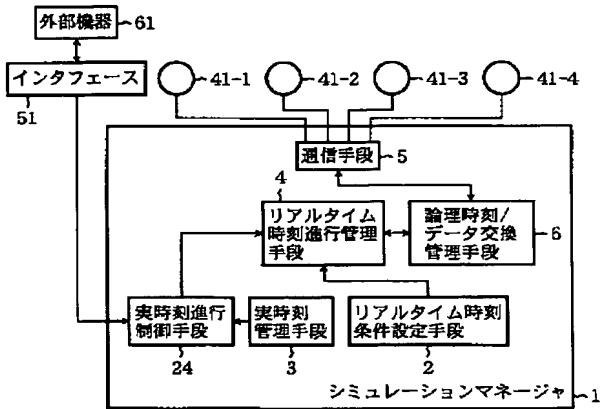


4F: リアルタイム時刻進行管理手段

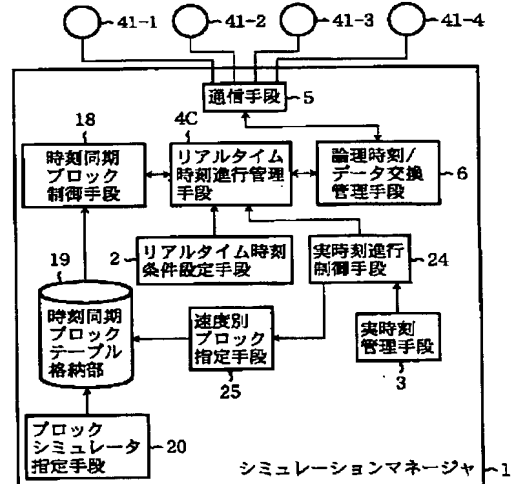
(時刻進行管理手段, 統合時刻進行停止手段)

18C: 時刻同期ブロック制御手段 (統合時刻進行停止手段)

【図38】



【図39】

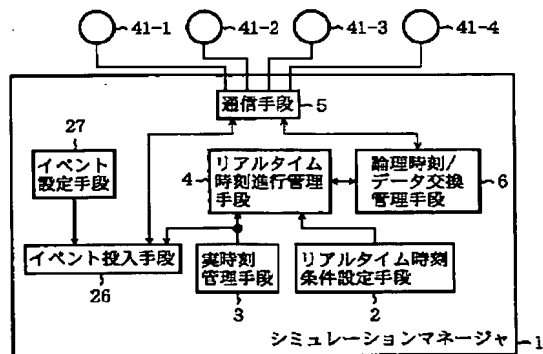


4C: リアルタイム時刻進行管理手段 (時刻進行停止手段)

18: 時刻同期ブロック制御手段 (進行速度別停止判定手段)

25: 速度別ブロック指定手段 (進行速度別停止判定手段)

【図40】



【図41】

